

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat / RIKZ

ESTMORF-model voor de Westerschelde inclusief de monding

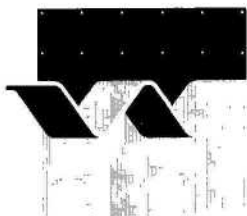
Verbetering software en uitbreiding / calibratie model

Z.B. Wang

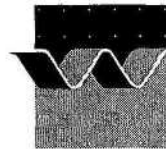
M.A.G. van Helvert

Verslag

september 2001



wl | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: DG Rijkswaterstaat / RIKZ

TITEL: ESTMORF model voor de Westerschelde inclusief de monding

SAMENVATTING:

In deze studie zijn de volgende uitbreidingen / verbeteringen voor het ESTMORF model voor de Westerschelde uitgevoerd:

A. Software verbeteringen:

1. Een nieuwe functionaliteit van het programma is geïmplementeerd waarmee de ingrepen (baggeren en storten) in een vak kunnen worden verdeeld over de geulbodem en de geulwanden volgens de door de gebruiker opgegeven percentage. Hiervoor werden alle ingrepen altijd alleen op de geulbodem verwerkt.
2. De weergave van foutmeldingen is verbeterd. De foutmeldingen zijn beter begrijpelijk gemaakt. Hiermee zijn de eventueel opgetreden fouten beter traceerbaar geworden.

B. Het model is uitgebreid met het mondingsgebied. De benedenstroomsrand van het model is van Vlissingen geschoven naar Westkappelle. Hierdoor kan het model ook worden gebruikt voor analyseren van ingrepen in en op het mondingsgebied.

C. De schematisatie van het model in het Land van Saeftinge is verfijnd. Hierdoor zijn de modelresultaten in dit gebied beter geworden.

D. Het model is omgezet naar SOBEK in plaats van IMPLIC. Het SOBEK model is gecalibreerd door de resultaten met de metingen en met de resultaten van het IMPLIC model inclusief het mondingsgebied te vergelijken.

E. Het nieuwe ESTMORF model is gecalibreerd aan de hand van gegevens in de periode 1968-1998.

REFERENTIES:

VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING			
1	M.A.G. van Helvert	26 juli 2001		Z.B. Wang				
2	M.A.G. van Helvert	11 september 2001		Prof. dr. ir. M.J.F. Stive				
PROJECTNUMMER:		Z3105						
TREFWOORDEN:		Westerschelde, morfologie						
INHOUD:	TEKST	23	TABELLEN	5	FIGUREN	90	APPENDICES	1
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF			

Inhoud

1 Inleiding	2
1.1 Achtergrond en aanleiding	2
1.2 Doel van het project	2
1.3 Aanpak en organisatie	3
2 Software aanpassingen	4
2.1 Verdeling gestort materiaal	4
2.1.1 Algemeen	4
2.1.2 Functioneel ontwerp	4
2.1.3 Implementatie	6
2.2 Verbeterde weergave foutmeldingen	6
3 Uitbreiding en calibratie model	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Data analyse	8
3.2.1 Indeling model	8
3.2.2 De ingrepen	8
3.2.3 De morfologische ontwikkeling	9
3.3 Calibratie waterbeweging	9
3.3.1 Voorbereiding	9
3.3.2 De calibratie	10
3.3.3 De verificatie	14
3.4 Calibratie morfologisch model	14
3.4.1 Gevolgde strategie	14
3.4.2 Hydrodynamische parameters	15
3.4.3 Basis run	16
3.4.4 Resultaten laatste berekening	18
4 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	21
5 Referenties	23
A Mogelijke foutmeldingen	1

I Inleiding

I.1 Achtergrond en aanleiding

ESTMORF is een model dat gebruikt kan worden om de lange termijn ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde als gevolg van baggeren en storten te voorspellen. Ook voor de ecologie kan het waardevolle informatie aanleveren. In 1992 is begonnen met het ontwikkelen en bouwen van het ESTMORF model. De ontwikkeling van ESTMORF is gedaan door het WL samen met het RIKZ. ESTMORF is in 1998 opgeleverd bij het RIKZ in Middelburg. De vakindeling van dat model is afgebeeld in Fig. 1.

Op basis van de ervaringen met ESTMORF, opgedaan in verschillende onderzoeks- en adviesprojecten, is in 1999 besloten om ESTMORF te verbeteren. De gerealiseerde verbeteringen staan beschreven in het WL-rapport, Z2760. Verder is in 1999 een eerste aanzet gemaakt voor de uitbreiding van ESTMORF met de monding van de Westerschelde (WL-rapport Z2701). Er is een IMPLIC schematisatie van de monding gemaakt.

In 2000 zijn een aantal (vervolg) onderzoeken uitgevoerd. Deze onderzoeken zijn gericht op:

1. een verdere uitbreiding en verbetering van ESTMORF;
2. een onderzoek naar de verbetering van de weergave van intergetijdegebieden in ESTMORF.

Het eerste punt is een vervolg op verbeteringen die zijn uitgevoerd in 1999. De uitbreiding en verbeteringen staan beschreven in het WL-rapport Z2934 (Thoolen 2000). Het onderzoek uitgevoerd onder punt 2 is beschreven in de rapporten Z2776-I (Wang en Jeuken 2000) en Z2776-II (Hibma, Wang en Jeuken 2000). Een aantal aanbevelingen en maatregelen ter verbetering van de intergetijdegebieden zijn geïmplementeerd. Deze zijn beschreven in rapport Z3002 (Wang en Helvert 2000).

Deze rapporten geven een uiteindelijk beeld van de mogelijkheden en beperkingen van ESTMORF. Het moment is gekomen om het complete model incl. de monding van de Westerschelde definitief af te regelen en op te leveren. ESTMORF kan dan in de toekomst worden ingezet voor beheers en onderzoeksvragen voor de morfologie van de Westerschelde met zijn monding voor de lange termijn.

I.2 Doel van het project

Het doel van het project is het definitief opleveren van het ESTMORF model van de Westerschelde met de monding. Het model wordt ingezet voor onderzoek en de beantwoording van beheersvragen, waaronder die in het kader van de Lange Termijn Visie van de Westerschelde.

Concreet worden t.o.v. de reeds opgeleverde versie van het model de volgende verbeteringen van het programma beoogd:

- Uitbreiding met de functionaliteit waarbij gestort materiaal verdeeld kan worden over de geulwand en de bodem.
- Verbeterde weergave van foutmeldingen.

- Uitbreiding en afregeling van het Westerschelde model:
 - model gebaseerd op SOBEK i.p.v. IMPLIC;
 - model uitgebreid met het mondingsgebied;
 - een verbeterde schematisatie van het Verdrongen land van Saeftinge;
 - afregeling gebaseerd op meest recente gegevens.

1.3 Aanpak en organisatie

De opzet van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 beschrijft de software-aanpassingen. De functionaliteit van de verdeling van het gestorte materiaal op de wand en de bodem van het materiaal wordt verder afgerond en de weergave van de foutmeldingen in de software wordt verbeterd.

Hoofdstuk 3 beschrijft de uitbreiding en calibratie van het model. Het nieuwe ESTMORF model heeft als basis het uitgebreide waterbewegingsmodel met de monding in IMPLIC. Dit model is voorzien van een gedetailleerde schematisatie van het land van Saeftinge. Vervolgens is het model geschikt gemaakt voor waterbewegings berekeningen in SOBEK en is de waterbeweging afgeregeld. ESTMORF en SOBEK zijn op elkaar afgestemd en vervolgens is de morfologische calibratie uitgevoerd.

Het rapport wordt afgesloten met hoofdstuk 4 waarin een samenvatting en aanbevelingen en conclusies worden gegeven.

De hier gerapporteerde werkzaamheden zijn uitgevoerd door Wang Zheng Bing, Marijn van Helvert en Rinze Bruinsma. De rapportage werd opgesteld door Wang Zheng Bing en Marijn van Helvert. De resultaten van het uitgevoerde werk werden intern beoordeeld door Prof. M. Stive en Wang Zheng Bing.

2 Software aanpassingen

2.1 Verdeling gestort materiaal

2.1.1 Algemeen

In het huidige model worden zowel baggeren als storten verwerkt op de bodem (i.e. het diepste deel) van de geul bij het aanpassen van het dwarsprofiel. In werkelijkheid kan vooral het storten ook in de ondiepere delen, op de helling van de geulen, gebeuren. De software zal daarom worden aangepast zodat via invoer kan worden aangegeven hoe de ingrepen worden verwerkt bij de aanpassing van het dwarsprofiel.

Deze nieuwe functionaliteit maakt het mogelijk dat een percentage van het te storten sediment wordt verdeeld over de wand van de geul en de bodem van de geul. Het kan worden gebruikt door in de input data-file een extra regel in te voegen waar percentages kunnen worden opgegeven. Deze percentages hebben betrekking op het deel wat op de wand wordt gestort. Wordt bijvoorbeeld 30 ingevoerd dan wordt 30% van het te storten sediment in het desbetreffende vak op de geulwand gestort. De overgebleven 70% van het sediment wordt op de bodem gestort. Echter hoeft dit getal (70) niet worden opgegeven. Wanneer van deze functionaliteit geen gebruik wordt gemaakt hoeft deze regel niet worden ingevoegd en wordt al het sediment dus op de bodem van de geul gestort.

2.1.2 Functioneel ontwerp

Uitgangspunten en functionele eisen

De volgende uitgangspunten en functionele eisen worden gehanteerd bij de aanpassing van de software:

- De verandering wordt alleen toegepast op de nieuwe invoerfile voor ingrepen.
- In het geval dat alle ingrepen 100% op de bodem worden verwerkt is de werking van het programma hetzelfde als de bestaande versie.
- Per bagger-, stort- of zandwingebied kan de verdeling over bodem en geul gespecificeerd worden. Dit wordt gedaan door het percentage op de geulwand te specificeren; dus 0=100% op bodem en 100=100% tegen geulwand.
- In het geval van baggerstrategie wordt het baggeren altijd alleen op de bodem uitgevoerd, zoals in het bestaande programma.

Opgemerkt wordt dat eenzelfde ESTMORF vak in meerdere gebieden van ingrepen kan voorkomen. De laatste eis houdt dan in dat de verschillende ingrepen apart achter elkaar

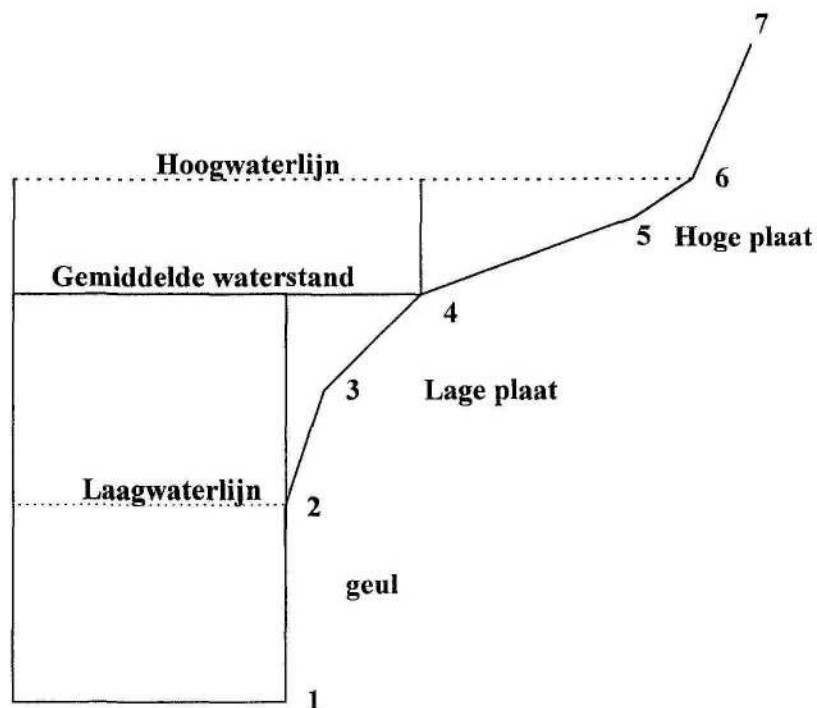
moeten worden verwerkt in plaats van alle ingrepen in eenzelfde vak bij elkaar optellen en dan in één keer verwerken zoals nu het geval is.

Aanpassing van dwarsprofiel

Afhankelijk van de verdeling over de bodem en de geulwand wordt een ingreep verwerkt door het dwarsprofiel aan te passen. De aanpassing van het dwarsprofiel bij storten is schematisch weergegeven in Fig. 2.1, en voor baggeren in Fig. 2.2. Hiervoor zijn de volgende punten van belang:

- Het deel van de ingreep (baggeren of storten) dat op de bodem moet worden verwerkt, wordt altijd eerst verwerkt voordat het deel tegen de geulwand wordt verwerkt. Dit heeft consequenties voor de definitie van het deel op de bodem (en dat tegen de geulwand) dat anders is voor baggeren dan voor storten, zie Fig. 2.1 en Fig. 2.2.
- Het deel tegen de geulwand wordt verwerkt door de geulwand parallel te schuiven.
- De hele ingreep wordt in de geul beneden het laagwater verwerkt.

Opgemerkt wordt dat het schuiven van de geulwand als consequentie heeft dat de breedte (areaal) van het lage deel van het intergetijdegebied verandert. Om massabehoud van sediment te garanderen moet de hoogte van het lage deel van het intergetijdegebied worden aangepast. Dit houdt in dat punt 3 (zie onderstaand figuur) in het ESTMORF dwarsprofiel moet worden aangepast.



Figuur ESTMORF dwarsprofiel

Speciale gevallen:

- Rechthoekig profiel: Dezelfde regels worden gehanteerd. Het heeft immers geen zin om bijvoorbeeld bij het storten het profiel te veranderen in een trapezium profiel, omdat bij de stappen daarna punt 2 als nog zal gaan schuiven.
- Driehoekig profiel: De afhandeling voor een driehoekig profiel in het bestaande programma en in het nieuwe programma is weergegeven in Fig.2.3. Merk op dat in geval van storten er een afwijking is tussen de twee versies van het programma, ook als het percentage voor de geulwand op nul zal staan.

2.1.3 Implementatie

De implementatie is gerealiseerd door de volgende veranderingen / uitbreidingen van het programma uit te voeren:

- Aanpassing van het programma *INGREEP.EXE*. De nieuwe versie leest een extra parameter in per ingreep (percentage op geulwand) en behandelt de aanpassing van profielen zoals in de vorige paragraaf is beschreven.
- Subroutine *INGREPEN* en de twee bijbehorende subroutine *GETDATA* en *SETDATA*. De nieuwe versie is dan in staat de nieuwe ingreep-invoer file te lezen met de extra informatie over de verdeling tussen bodem en oever, en de extra informatie door te geven aan de file *INGREEP.INP* (invoerfile voor *INGREEP>EXE*).
- Subroutine *STRATEGY*. De nieuwe versie leest extra invoer parameter voor de verdeling tussen bodem en oever voor de stortvakken, en de extra informatie door te geven aan de file *INGREEP.TMP* (invoerfile voor *INGREEP.EXE*).

De volgende invoerfiles zijn veranderd:

- Nieuwe invoerfile voor ingrepen:
 - Bij de definitie van ingreepgebieden worden de vaknummers nu in een apart regel gegeven, i.p.v. achter de gebiednaam.
 - Onder de regel van de gewichtpercentage van de vakken binnen het gebied kan (hoeft niet) een nieuwe regel met een percentage voor de oever worden toegevoegd.
- Invoerfile voor baggerstrategie:
 - onder elke regel voor een baggervak wordt een regel toegevoegd voor de percentages voor de oever en voor de bijbehorende stortvakken.

In Fig. 2.4a en 2.4b zijn voor de intergetijdegebieden in het oosten, midden en westen van het binnengebied ieder twee grafieken afgebeeld waarin wordt aangetoond wat het effect is van storten op de geulwand. De bovenste grafiek is een som waarin niet wordt gestort op de geulwand en de onderste is een som waar wel is gestort op de geulwand. Fig 2.4a toont het verschil in plaatareaal en Fig. 2.4b het plaatvolume. Voor deze vergelijking is 30% van het sediment op de geulwand gestort en 70% op de bodem. Het is opmerkelijk dat de verschillen klein zijn.

2.2 Verbeterde weergave foutmeldingen

De foutmeldingen die werden gegenereerd door vroegere versies van ESTMORF waren onduidelijk en gaven onvoldoende informatie aan de gebruiker om zelfstandig de fout te kunnen herstellen.

Voor de nieuwe ESTMORF versie zijn alle foutmeldingen geïnventariseerd en herschreven. Ze zijn voorzien van een nummer dat verwijst naar een bijlage in de 'user manual' waarin uitvoeriger wordt omschreven wat de oorzaak van de fout is en wat gedaan kan worden om deze te herstellen/voorkomen.

Voor de nummerindeling is per routine onderscheid gemaakt tussen 'warnings' en 'errors'. De 'warnings' krijgen een duizend-voudig nummer en vervolgens een volgnummer. De 'errors' zijn voorzien van een honderd-voudig nummer en vervolgens een volgnummer. In bijlage A is een overzicht gegeven van alle 'warnings' en 'errors' die kunnen optreden.

Bij 'warnings' verschijnen de nummers en de bijbehorende melding op het scherm, terwijl de berekening doorgaat. Bij 'errors' loopt het programma vast en stopt de berekening. De foutmelding verdwijnt van het scherm en het is moeilijk te achterhalen wat de oorzaak van de 'error'-melding is. Voor beide gevallen worden de 'warnings' en de 'errors' in logbestanden weggeschreven en opgeslagen. Achteraf geeft dit een overzicht van alle opgetreden 'warnings' en de fatale 'error' waardoor ESTMORF is vastgelopen.

3 Uitbreiding en calibratie model

3.1 Inleiding

In project Z2701 is het bestaande Schelde-estuarium model in IMPLIC uitgebreid met de monding van de Westerschelde. Dit uitgebreide model vormt de basis voor het nieuwe ESTMORF model. Alleen het land van Saeftinge in dit uitgebreide model, dat bestaat uit drie vakken, zal worden vervangen door tien vakken. In Fig. 3.1a en 3.1b is respectievelijk het binnengebied met de nieuwe indeling van het Verdrongen land van Saeftinge en de schematisatie van de monding afgebeeld.

3.2 Data analyse

3.2.1 Indeling model

Het nieuwe ESTMORF model kan in drie gebieden worden verdeeld. Dit zijn:

- de monding;
- het Schelde estuarium of binnengebied
- het Verdrongen land van Saeftinge

De reden van deze indeling is vanwege het verschil in tijd waaruit de bodemschematisaties zijn vervaardigd. De bodemschematisatie van de monding is gebaseerd op lodingskaarten uit de periode eind jaren '60 begin jaren '70. Het al bestaande ESTMORF model is gebaseerd op de situatie 1968 -1970. Het verdrongen land van Saeftinge is gebaseerd op de situatie van 1963. Voor de morfologische calibratie is dit een gunstige beginsituatie. De periodes waarvan de bodemschematisaties zijn gemaakt liggen namelijk dicht bij elkaar.

3.2.2 De ingrepen

Voor het nieuwe ESTMORF model moeten de ingrepen (baggeren, storten en zandwinning) net zoals in het bestaande model worden ingevoerd. Aangezien dit voor het binnengebied al voor handen is, hoeft de bestaande input data alleen te worden uitgebreid met de gegevens van de monding.

In de monding is in het Nederlands deel voornamelijk zandwinning uitgevoerd. In het Belgische deel is gebaggerd en gestort om scheepvaartroutes toegankelijk te houden. De bagger-, stort- en zandwinninggegevens zijn beschikbaar over een periode van 1960 t/m 1997. De bestaande bagger-, stort- en zandwinningsgegevens van het binnengebied gaat over een periode van 1965 t/m 1998. Wat betreft de ingrepen zou de morfologische calibratie over een periode van 1965 t/m 1997 kunnen plaatsvinden. Echter is dit ook afhankelijk van de data van de morfologische ontwikkeling.

3.2.3 De morfologische ontwikkeling

Ook hier moet, t.b.v. de calibratie van het model, de bestaande data aangevuld worden met de data van de morfologische ontwikkeling van de monding. De beschikbare data overbruggen een periode van 1970 t/m 1998. In deze periode zijn in principe voor ieder jaar metingen beschikbaar. De metingen dekken echter bijna nooit het hele gebied. Dit is de oorzaak dat de eerste aangeleverde data veel onlogische informatie bevatten, bijvoorbeeld negatieve oppervlakten van dwarsdoorsneden. Daarom is na de eerste analyse van de geleverde data een verzoek gedaan aan RIKZ om een inspectie van de basisgegevens uit te voeren en alleen de data van een vak te geven als in dat jaar het betreffende vak geheel gedekt is met lodingen. Na deze stap heeft RIKZ de data opnieuw geleverd. Daarbij zijn de 2D bathemetrische kaarten van alle jaren (gemaakt aan de hand van de lodingen) ook meegeleverd. Uit een tweede analyse is gebleken dat de meeste onregelmatigheden van de data zijn verholpen. Alleen voor de volgende combinaties van vakken en jaren zijn er nog kleine fouten te zien:

Vak	Jaar
326	1978
328, 330, 331, 332, 333, 336	1977
339	1980, 1993
343, 355	veel jaren
357	1982
364	1984, 1995

Tabel 3.1: Afwijkingen van vakken in de monding zie Fig. 3.1b.

De fouten vallen vooral op wanneer de totale breedte op het hoogste niveau (NAP + 3.5m), van een vak dat geen intergetijdegebied bevat, in een bepaald jaar afwijkt van de andere jaren. Een inspectie op de kaarten van de lodingsgegevens laat zien dat de fouten vooral veroorzaakt zijn doordat de vakken in de betreffende jaren niet geheel gedekt waren met de lodingen. De fouten zijn echter in alle gevallen zodanig klein dat zij niet echt hinderlijk zijn voor de calibratie van het model omdat de trend van de morfologische veranderingen die de gegevens laten zien niet te ernstig wordt verstoord. Daarom is besloten deze gegevens zonder aanpassing verder als basis te gebruiken voor de calibratie van het model.

Gezien de periode waarover de data van de morfologische ontwikkeling van de monding beschikbaar is, kan worden vastgesteld dat de morfologische calibratie over een periode van 1968 t/m 1998 kan plaats vinden.

3.3 Calibratie waterbeweging

3.3.1 Voorbereiding

Voor de calibratie van de stroming is gebruik gemaakt van de gegevens die voorhanden zijn uit eerdere projecten zoals Z2701 (Jeuken en van der Weck 1999) en Z2934 (Thoolen 2000). Dit zijn:

- waterstandsregistraties in een aantal stations langs de monding van de Westerschelde (zoals Westkapelle en Cadzand) en het binnengebied (zoals Vlissingen, Terneuzen Hansweert en Bath);
- waterstandsregistraties in een aantal stations in het Verdrongen land van Saeftinge;
- resultaten van de calibratie van het IMPLIC model (incl. monding) uit project Z2701 in dezelfde waterstandstations.

Bij de morfologische afregeling van het gehele model is het streven dat het binnengebied (vanaf Vlissingen-Breskens tot Nederlands Belgische grens) minimaal dezelfde resultaten produceert als het bestaande model in IMPLIC. Hiervoor is het belangrijk dat het model in SOBEK dezelfde waterbeweging berekent als in IMPLIC. Voor de calibratie betekent dit dat de resultaten uit SOBEK zowel met de metingen als met de IMPLIC resultaten moeten worden vergeleken. Hiervoor kunnen de resultaten uit project Z2701 worden gebruikt.

De randvoorwaarden op de zeerand van het SOBEK model beslaan de periode van 9 mei 1971 t/m 11 mei 1971. De getijperiode waarover de calibratie is uitgevoerd is van 9 mei 1971 vanaf 16:40 uur t/m 10 mei 1971 om 05:00 uur. Deze periode wordt bepaald door de uitvoer van de IMPLIC berekeningen uit project Z2701.

De verificatie van het model is uitgevoerd door de berekende debieten uit SOBEK over dezelfde periode te vergelijken met de controle op weergave die is gedaan in het IMPLIC model, uitgevoerd in project Z2701. Met andere woorden wanneer de berekende tijdreeksen van het debiet uit SOBEK gelijk zijn aan die uit IMPLIC, kan worden verondersteld dat de calibratie van het model is geslaagd.

3.3.2 De calibratie

Het calibreren van de stroming is uiteindelijk in 3 runs bewerkstelligd. De schematisatie van het gehele model in IMPLIC uit project Z2701 (Jeuken en van der Weck) is omgezet naar SOBEK. Dit heeft als gevolg dat de calibratie van de stroming relatief vrij eenvoudig en snel tot stand heeft kunnen komen.

De drie berekeningen kunnen als volgt worden omschreven:

- basis run: de eerste berekening van het complete model nadat het is omgezet van IMPLIC naar SOBEK;
- run 1: de geulen in de vakken van de vaargeul in het estuarium zijn gladder gemaakt;
- run 2: de geulen in de vakken in de monding zijn gladder gemaakt.

De basisrun: De basisrun is de eerste berekening van het model in SOBEK, nadat het model van IMPLIC naar SOBEK is omgezet. Aan de ruwheden (een belangrijke afregelparameter) is nog niets veranderd. Deze basisrun dient als referentie.

Voor de waterstandsstations Westkapelle en Cadzand, gelegen in de monding, zijn de resultaten goed. Uitgaande van de calibratie in IMPLIC komt het SOBEK resultaat aardig overeen met het IMPLIC resultaat. In vergelijking met de meting komt het SOBEK resultaat goed overeen. In Fig. 3.2a t/m 3.2c zijn de resultaten afgebeeld.

Verder het estuarium in worden de verschillen zichtbaar. Bij Vlissingen is het resultaat nog goed maar vanaf Terneuzen, Hansweert en Bath is een faseverschil zichtbaar. De waterstand berekend met SOBEK passeert de 0-lijn later dan de waterstand berekend met IMPLIC. Dit faseverschil is het meest zichtbaar bij Hansweert en Bath. De amplitude wijkt in de stations van Hansweert en Bath het meeste af t.o.v. de meting en het IMPLIC resultaat.

In het Verdrongen land van Saeftinge zijn een zestal punten gestationeerd waar de waterstand is gemeten. Dit zijn de waterstandstations P1 t/m P6. Saeftinge is gemodelleerd d.m.v. drie takken. Het begin van iedere tak is voorzien van een station waar de berekende waterstand wordt weggeschreven. Deze plaatsen komt overeen met de posities waar de waterstand is gemeten. Respectievelijk van west naar oost zijn dit de punten P1 (begin vak 377 in Fig. 3.1a, de meest westelijk tak) P2 (begin vak 381 van de middelste tak) en P3 en P4 (aan het begin van de oostelijke tak in vak 385). Het einde van de meest westelijke gelegen tak bevindt zich station P5 (begin van vak 380) en aan het eind van de middelste tak bevindt zich station P6 (begin van vak 383). Deze stations zijn gebruikt voor de calibratie. De resultaten staan in Fig. 3.2d t/m 3.2f afgebeeld. Ook hier is het faseverschil te zien tussen de waterstand berekend door SOBEK en IMPLIC. Verder valt het op dat de waterstand een grilliger verloop heeft. Met name in P6 is dit goed te zien.

Run 1:

Het algemene beeld bij de basisrun is dus dat het SOBEK model het getij te veel dempt t.o.v. het IMPLIC model. Een analyse van de schematisaties van de twee modellen laat zien dat dit te verklaren is door het verschil tussen de verschillende manieren waarop de weerstand term in de bewegingsvergelijking wordt behandeld. Met gebruik van Manning coëfficiënt is de weerstandsterm in een 1D waterbewegingsmodel als volgt:

$$\frac{gQ|Q|n}{R^{1/3}A} \quad (1)$$

Hierin

- g = zwaartekracht versnelling
- Q = debiet
- n = Manning coëfficiënt
- R = hydraulische straal
- A = stroomvoerende oppervlakte

De twee modellen kunnen alleen hetzelfde werken als deze term in beide modellen gelijk is. In IMPLIC wordt de hydraulische straal expliciet gegeven in de invoer. Een betere kijk in de schematisatie leert dat daarvoor de gemiddelde waterdiepte is gebruikt. In SOBEK wordt de hydraulische straal berekend uit het gegeven profiel. Daarbij is dan rekening gehouden met de zijwanden, waardoor de hydraulische straal altijd kleiner is dan de gemiddelde waterdiepte. Dit betekent dat de weerstandsterm in de twee modellen alleen gelijk gemaakt kan worden als de Manning coëfficiënt in het SOBEK model kleiner gemaakt wordt, en wel volgens de volgende vergelijking:

$$n_{sobek} = \left(\frac{R_{sobek}}{R_{implic}} \right)^{\frac{2}{3}} n_{implic} \quad (2)$$

Deze formule kan echter niet letterlijk worden toegepast om twee redenen. Ten eerste, het zou enorm veel werk zijn om de hydraulische stralen voor de SOB EK schematisaties te berekenen. Ten tweede, de hydraulische straal verandert met de waterstand, terwijl per vak maar één Manning coëfficiënt wordt gegeven. Daarom wordt aan de hand van de bovenstaande formule een aantal vakken geanalyseerd om te bepalen wat voor verschil het kan veroorzaken. Daaruit is gebleken dat dit tot 20% kan oplopen. Daarom is besloten op basis van de resultaten uit de basisrun de Manning-waarden voor de vaargeul in het estuarium, voor zowel vloed en eb, te verlagen in een range van 0 - 20%. Hiermee wordt bereikt dat het getij zich sneller verplaatst door de hoofdgeul van het estuarium. Dit geldt alleen voor de estuarium. Voor de monding en het Verdrongen land van Saeftinge is niets aan de ruwheden veranderd. De ruwheden zijn als volgt:

Calibratie Run 1 Vaknr.	Manning waarde vloed		Manning waarde eb		Vaknr.	Manningwaarde vloed		Manning waarde eb	
	oud	nieuw	oud	nieuw		oud	nieuw	oud	nieuw
1	0,033	0,033	0,031	0,031	63	0,024	0,021	0,025	0,022
184	0,033	0,033	0,031	0,031	64	0,024	0,021	0,025	0,022
2	0,033	0,033	0,031	0,031	65	0,024	0,021	0,029	0,025
3	0,033	0,033	0,031	0,031	66	0,026	0,023	0,020	0,017
4	0,033	0,033	0,031	0,031	67	0,025	0,022	0,018	0,015
5	0,025	0,023	0,031	0,031	68	0,019	0,017	0,025	0,018
6	0,025	0,023	0,031	0,031	69	0,019	0,017	0,025	0,018
187	0,028	0,025	0,025	0,025	73	0,029	0,023	0,026	0,021
28	0,020	0,018	0,025	0,022	91	0,026	0,021	0,024	0,019
29	0,020	0,018	0,025	0,022	92	0,025	0,020	0,024	0,019
30	0,020	0,018	0,025	0,022	93	0,025	0,020	0,024	0,019
31	0,020	0,018	0,025	0,022	371	0,025	0,020	0,024	0,019
32	0,020	0,018	0,025	0,022	372	0,022	0,018	0,024	0,019
33	0,020	0,018	0,025	0,022	373	0,022	0,018	0,022	0,018
34	0,020	0,018	0,025	0,022	99	0,033	0,028	0,022	0,019
35	0,022	0,020	0,025	0,022	100	0,033	0,028	0,022	0,019
36	0,031	0,028	0,025	0,022	185	0,033	0,028	0,022	0,019
37	0,026	0,023	0,025	0,022	115	0,026	0,025	0,020	0,0195
38	0,028	0,025	0,025	0,022	116	0,026	0,025	0,020	0,0195
39	0,028	0,025	0,025	0,022	117	0,026	0,025	0,020	0,0195
61	0,024	0,021	0,025	0,022	118	0,026	0,025	0,020	0,0195
62	0,024	0,021	0,025	0,022	119	0,024	0,023	0,020	0,0195

Tabel 3.2: Verlaagde Manning ruwheden voor de vaargeul t.b.v. de afregeling

Een range van 0-20% is toegepast van west naar oost. In tabel 3.2 is te zien dat voor de vaknrs. 1, 184, 2, 3 en 4 de waarden voor zowel vloed en eb niet zijn gewijzigd. Verder naar het oosten is de toegepaste verlaging van de Manning waarde 20%.

De resultaten staan afgebeeld in Fig. 3.3a t/m 3.3f. Voor de twee waterstandstations in de monding, Westkapelle en Cadzand is niets veranderd.

Bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en vervolgens Bath is al te zien dat de fase is verschoven en de berekende waterstand in SOB EK eerder de 0-lijn passeert. De berekende

waterstand in SOBEK overlapt nagenoeg de berekende lijn van IMPLIC. Het waterstandsstation bij Bath vertoont nog de grootste afwijking. Met name in de amplitude bij laagwater. Het faseverschil is nagenoeg verdwenen.

In het Verdrongen land van Saeftinge is wel een duidelijke verbetering te zien. In de stations die zijn gemodelleerd in de monding van de drie geschematiseerde takken (P1, P2, P3 en P4) overlapt de SOBEK berekening nagenoeg de IMPLIC berekening. Alleen de waterstand in de twee stations achterin het verdrongen land van Saeftinge P5 en P6, zijn nog grillig. Echter de amplitude in SOBEK is aanmerkelijk beter.

In de tweede run zijn de ruwheden in de monding aangepast om de laatste verschillen glad te strijken.

Run 2:

Bij run 1 is de Manning coëfficiënt in het mondingsgebied niet aangepast omdat de resultaten van de basisrun bij de monding (Vlissingen) al goed waren. In Run 1 zijn de resultaten bij de monding (Vlissingen en Terneuzen) verslechterd terwijl die verder in het estuarium enorm zijn verbeterd. Blijkbaar was het fout om te veronderstellen dat de resultaten bij de monding alleen door de schematisatie van het mondingsgebied wordt beïnvloedt. Dat ook de schematisatie van het estuarium de resultaten bij de monding beïnvloedt is eigenlijk wel te begrijpen omdat het getij bij Vlissingen een gevolg van een samenspel van de naar binnen voortplantende getijgolf en een gereflecteerde golf uit het estuarium is. Daarom is het toch nodig ook de Manning coëfficiënt in het mondingsgebied aan te passen.

In deze run zijn de Manning-waarden van de geulen in de monding verlaagd ofwel: de geulen zijn gladder gemaakt. Doordat de getijgolf sneller door de monding verplaatst en sneller het binnengebied in komt, is getracht de fase en de amplitude te verbeteren. De gewijzigde Manning-waarden staan in tabel 3.3 en zijn als volgt:

Calibratie run 2 Vaknr.	Manning waarde vloed		Manning waarde eb		Vaknr.	Manning waarde vloed		Manning waarde eb	
	oud	nieuw	oud	nieuw		oud	nieuw	oud	nieuw
301	0,022	0,0198	0,018	0,0162	317	0,022	0,0198	0,025	0,0162
302	0,022	0,0198	0,018	0,0162	318	0,022	0,0198	0,025	0,0162
303	0,022	0,0198	0,018	0,0162	319	0,022	0,0198	0,029	0,0162
304	0,022	0,0198	0,018	0,0162	320	0,022	0,0198	0,020	0,0162
305	0,022	0,0198	0,018	0,0162	353	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
306	0,022	0,0198	0,018	0,0162	354	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
307	0,022	0,0198	0,018	0,0162	355	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
308	0,022	0,0198	0,018	0,0162	356	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
309	0,022	0,0198	0,018	0,0162	362	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
310	0,022	0,0198	0,018	0,0162	363	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
311	0,022	0,0198	0,018	0,0162	364	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
312	0,022	0,0198	0,018	0,0162	365	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
313	0,022	0,0198	0,018	0,0162	366	0,025	0,025	0,0286	0,02574
314	0,022	0,0198	0,022	0,0198	367	0,025	0,025	0,0286	0,02574
315	0,022	0,0198	0,018	0,0162	368	0,025	0,0225	0,0286	0,02574
316	0,022	0,0198	0,018	0,0162	370	0,0222	0,01998	0,0222	0,01998

Tabel 3.3: Verlaagde manning ruwheden t.b.v. de afregeling in de monding

In Fig. 3.4a t/m 3.4f staan de resultaten afgebeeld van deze run. Voor nagenoeg alle vakken zijn de Manning-waarden verlaagd met 10%.

Voor het station van Westkapelle is weinig veranderd. Bij Cadzand is te zien dat de berekende resultaten met SOBEK t.o.v. run 1 dichter tegen de metingen zijn komen te liggen. Vooral bij laagwater en hoogwater is dit goed te zien. Van laagwater naar hoogwater liggen de SOBEK-lijn en de IMPLIC-lijn nagenoeg op elkaar.

In het binnengebied, beginnend vanaf Vlissingen, is te zien dat het faseverschil bij de passage van de 0-lijn nagenoeg is verdwenen. Ook de amplitude bij laagwater en hoogwater is verbeterd. De SOBEK-lijn ligt gedurende de getijperiode op de IMPLIC-lijn.

Bij Terneuzen en Hansweert is het faseverschil bij passage van de 0-lijn richting laagwater zo goed als verdwenen. Bij Bath lijkt het erop dat het verlagen van de Manning-waarden in de monding niet heeft geleid tot een verbetering zoals is te zien bij de voorgaande waterstandstations. Het lijkt erop dat het faseverschil zelfs is toegenomen.

Voor wat betreft het Verdrongen land van Saeftinge is de berekende SOBEK waterstand niet veel veranderd t.o.v. de voorgaande run.

Ter opmerking is het faseverschil van twee uur in de gemeten waterstand van P3 en P6 in het Verdrongen land van Saeftinge respectievelijk in de e en f figuren. Het is moeilijk te verklaren hoe dit faseverschil is ontstaan. Vermoedelijk ligt dit aan de meting. Deze afwijking is niet gewijzigd in de grafiek.

3.3.3 De verificatie

Op basis van het resultaat van run 2 is veronderstelt dat de waterbeweging goed is en het SOBEK waterbewegingsmodel voor ESTMORF gecalibreerd is. Om dit te bevestigen is een verificatie uitgevoerd. Hiervoor is ook gebruik gemaakt van gegevens uit project Z2701. Maar nu worden de debieten berekend door SOBEK vergeleken met die uit de eerder uitgevoerde IMPLIC berekening. Zoals Fig. 3.5a t/m 3.5d laten zien komen de resultaten uit de twee modellen goed overeen.

3.4 Calibratie morfologisch model

3.4.1 Gevolgde strategie

Uitgangspunten voor de calibratie van het ESTMORF model zijn het gecalibreerde waterbewegingsmodel op basis van SOBEK (beschreven in de vorige paragraaf) en het bestaande ESTMORF model voor het estuarium (zonder het mondingsgebied) op basis van IMPLIC. Omdat het bestaande ESTMORF model voor het estuarium een gecalibreerd model is, is het het beste om er naar te streven dat de resultaten van het nieuwe model in het binnengebied die van het bestaande model reproduceren. Verder geeft de maat van overeenkomst tussen de metingen en de resultaten van het bestaande model een indicatie

wat voor overeenkomst tussen de metingen en modelresultaten in het mondingsgebied haalbaar is. Op basis van deze overwegingen worden de volgende stappen gevolgd voor de calibratie:

- Eerst een basis berekening maken waarbij de invoergegevens in het binnengebied overeenkomen met het bestaande model. Voor het mondingsgebied wordt in de eerste instantie verondersteld dat de beginsituatie in evenwicht was.
- Opnieuw afregelen van het binnengebied. Afhankelijk van de resultaten van de basis berekening wordt de invoer eventueel aangepast zodat het nieuwe model het bestaande model zo goed mogelijk reproduceert in het estuarium/binnengebied.
- Afregelen van het mondingsgebied. Hierbij worden eerst de coëfficiënten voor het evenwicht aangepast om de tendens van de morfologische verandering goed te krijgen. Daarna worden de dispersie coëfficiënten aangepast om de morfologische tijdschaal van het model goed te krijgen.

De globale model parameters, die maar één waarden hebben voor het hele modelgebied worden hetzelfde gehouden als in het bestaande model.

3.4.2 Hydrodynamische parameters

ESTMORF maakt gebruik van drie hydrodynamische parameters. Dit zijn het getijvolume, de hoge en de lage waterstand. De hoge en de lage waterstand zijn gecalibreerd. Dit betekent dat het getijverschil kan worden gebruikt als vervangende hydrodynamische parameter. Hieruit volgt dat er maar twee hydrodynamische parameters belangrijk zijn, het getijvolume en het getijverschil.

Voor de ESTMORF berekening wordt een representatief getij gebruikt. Dit is het getij in de periode 8:35 - 21:00 op 11 mei 1971 (Deze periode maakt geen deel uit van de calibratieperiode van de waterbeweging. Daarvoor wordt een periode ervoor gebruikt, zie paragraaf 3.3.1). Voordat de calibratie van de morfologische ontwikkeling wordt uitgevoerd wordt eerst gecontroleerd of het nieuwe waterbewegingsmodel op basis van SOBEK nog dezelfde resultaten geeft als in het bestaande ESTMORF model met betrekking tot de twee hydrodynamische parameters. Dit kan ook als een extra verificatie van het waterbewegingsmodel worden beschouwd.

De vergelijking tussen het SOBEK model en het oude (alleen binnengebied) IMPLIC model voor de twee hydrodynamische parameters is te zien in Fig. 3.6. Er blijkt wel een significant verschil te zijn tussen de twee modellen. Achterin het estuarium (richting Belgische grens) loopt het verschil in het getijverschil tussen SOBEK en IMPLIC op tot enkele decimeters. Dit is opmerkelijk omdat bij de calibratie van de waterbeweging er wel een goede overeenstemming was bereikt tussen het nieuwe model met SOBEK (met het mondingsgebied) en het oude model met IMPLIC. Een voor de hand liggende verklaring is een inconsistentie tussen de randvoorwaarden van het nieuwe model en die van het oude model. Namelijk aan het begin van het estuarium (ter hoogte van Vlissingen-Breskens) is er een verschil tussen de getijverschillen uit de twee modellen. Een poging is gedaan om dit te verhelpen door het getijverschil langs de rand in het nieuwe model zodanig te verkleinen zodat het getijverschil langs de rand van het oude model (ter hoogte van Vlissingen-

Breskens) zo goed mogelijk wordt gereproduceerd. De resultaten van deze run zijn ook weergegeven in Fig. 3.5 (resultaat sobek-n1). Helaas blijkt deze maatregel weinig te helpen. Ter hoogte van de lijn Vlissingen-Breskens (ingang estuarium) is een betere overeenstemming ontstaan tussen de twee modellen met betrekking tot het getijverschil, maar verder achterin het estuarium loop het verschil toch weer op. Bij nadere bestudering van de resultaten blijkt dat het niet mogelijk is om voor de drie vakken langs de rand van het oude model het getijverschil goed te krijgen. Dit heeft tot gevolg dat, t.o.v. de randvoorwaarden van het oude model, er een 'dwarshelling' ontstaat bij de ingang naar het estuarium (lijn Vlissingen-Breskens) in het nieuwe model. Omdat deze helling varieert gedurende de getijperiode betekent dit een extra kleine getijgolf, die blijkbaar vervolgens versterkt wordt achterin het estuarium. Maatregelen, zoals met een variërende factor het getijverschil langs de rand in het nieuwe model te verkleinen, zijn geprobeerd maar kunnen het probleem niet verhelpen. Daarom is besloten om verder met het gecalibreerde waterbewegingsmodel te werken en bij de opzet van het ESTMORF model hier rekening mee te houden.

3.4.3 Basis run

De basis run wordt opgezet met de gedachte dat het bestaande model wordt gereproduceerd in het estuarium/binnengebied. Voor het mondingsgebied wordt voorlopig aangenomen dat de beginsituatie in morfologisch evenwicht was. Dit betekent dat de invoergegevens van het bestaande model zoveel mogelijk worden overgenomen voor het nieuwe model. Alle parameters die niet ruimtelijk variërend zijn worden hetzelfde gehouden. Wegens het probleem met de hydrodynamische parameters, zoals hierboven is beschreven, worden de coëfficiënten voor de evenwichtoppervlaktes zodanig aangepast dat in het nieuwe model hetzelfde morfologische evenwicht als in het bestaande model wordt berekend.

Veranderingen rondom Land van Saeftinge

De modelschematisatie in het Land van Saeftinge is aangepast. De drie vakken in het oude model zijn in meerdere vakken verdeeld in het nieuwe model (zie Fig. 3.1a). De verdelingen zijn als volgt:

vak in oud model	Vakken in nieuw model
95	377, 378, 379, 380
97	381, 382, 383, 384
102	385, 386

Tabel 3.4

Bij de eerste poging liep de berekening al snel vast in dit gebied. Het probleem is dat de kleine geulen (met breedten van een paar meter) van de vakken achterin het gebied gaan droogvallen wat het SOBEK model niet tegen kan. Vasthouden van de geul (zie figuur in paragraaf 2.1.2) van de betreffende vakken is niet voldoende om dit probleem te verhelpen (vasthouden betekent geen morfologische verandering toelaten zodat het vak niet dicht slibt). De morfologische veranderingen, onder andere in het gehele intergetijdegebied van het Land van Saeftinge, kunnen tot verlaging van het laagwater leiden. De schematisatie

van het model was zodanig dat aan het begin nog net geen droogvallen optreedt. Daarom is de schematisatie aangepast door de vakken 378, 381 en 385 met 0.5 m te verdiepen in de geul en de vak 382 (maar 1 m breed!) met 2 m. De geulen van alle vakken in dit gebied, behalve vak 377 waar veel stortingen plaatsvinden, worden vastgehouden tijdens de berekening. Verder wordt de coëfficiënt voor het evenwichtsprofiel in vak 377 met een factor 1.5 verhoogd.

Het mondingsgebied

Na de aanpassingen voor het Land van Saeftinge liep de berekening door totdat er een instabiliteitsprobleem optrad in het mondingsgebied. Het mondingsgebied is geschematiseerd in een netwerk met een ingewikkelde takkenstructuur. Zoals bekend uit eerdere studies treedt er instabiliteit op (de ene tak sluit zich af terwijl een naastliggende tak juist erodeert) als er geen speciale maatregelen worden genomen. Instabiliteit in ESTMORF kan voorkomen worden door het evenwichts-dwarsoppervlakte van een vak niet te relateren aan het getijvolume van dat vak, maar te relateren aan het (totale) getijvolume van een bundeling van vakken. Ideaal is het om bundelingen zo weinig mogelijk toe te passen, maar in dit geval is het onvermijdbaar.

Na een aantal pogingen (waarin verschillende combinaties van gebundelde vakken zijn doorgerekend) heeft ESTMORF het aantal opgegeven morfologische tijdstappen doorlopen en de gehele berekening uitgevoerd. De resultaten van de berekening voor het binnengebied zijn goed. Globaal komen de resultaten overeen met het bestaande model en is er geen sprake van verslechtering. Zelfs voor het mondingsgebied zijn de resultaten zeer bemoedigend. Echter bij uitvoering van de laatste stap, beschreven in 3.4.1, bleken de aanpassingen van de invoerparameters in het model weer opnieuw te leiden tot instabiliteit. Dit betekent dat de opzet van het model op deze manier niet robuust is. Daarom is besloten een gehele bundeling toe te passen. Dit houdt in dat de evenwichts-oppervlakten van alle vakken worden gerelateerd aan het getijvolume door één van de drie gebundelde cross-sections in de gehele monding, afhankelijk van de locaties van de vakken. Hiermee wordt het model robuust en is de basis-berekening uitgevoerd.

Resultaten

De resultaten van de basis berekening zijn vergeleken met de metingen en met het bestaande model voor het estuarium deel. Voor het estuarium is de overeenkomst met het bestaande model goed. Er zijn verschillen aanwezig maar er is zeker geen sprake van verslechtering. Dit betekent dat de aanpassing van de coëfficiënten in het model als gevolg van de veranderde hydrodynamica een succes is, waardoor stap 2 zoals beschreven in 3.4.1 kan worden overgeslagen. Dit betekent verder dat de interactie tussen de morfologische ontwikkelingen in het mondingsgebied en in het estuarium blijkbaar weinig invloed heeft op de resultaten van de berekeningen in het estuarium deel. Dit is voor het bestaande model geruststellend omdat de fout, veroorzaakt door het leggen van de rand bij de monding, blijkbaar klein is.

3.4.4 Resultaten laatste berekening

De resultaten van de basis berekening in het mondingsgebied worden vergeleken met de beschikbare metingen. Dit fungeert vervolgens als basis voor de aanpassing van parameters in het mondingsgebied om de overeenstemming goed te krijgen. Eerst worden de coëfficiënten voor het morfologische evenwicht aangepast om de tendens van de veranderingen goed te krijgen. Vervolgens wordt de morfologische tijdschaal afgeregeld door lokaal de dispersie coëfficiënt aan te passen. De uiteindelijk gebruikte waarden van de coëfficiënten zijn als volgt:

Vak	coëfficiënt voor evenwicht geul		dispersie coëfficiënt geul	
	basis run	laatste run	basis run	laatste run
301	6,37E-05	1,35E-05	1250	1250
302	8,62E-05	6,00E-06	1250	1250
303	7,49E-05	3,00E-6	1250	50
304	7,89E-05	7,50E-05	1250	1250
305	7,84E-05	7,18E-06	1250	1250
306	6,00E-05	7,09E-06	1250	1250
307	8,36E-05	9,52E-06	1250	1250
308	1,03E-05	1,06E-05	1250	1250
309	9,05E-05	1,40E-05	1250	1250
310	5,86E-05	2,43E-05	1250	1250
311	6,48E-05	4,12E-05	1250	1250
312	6,11E-05	3,76E-05	1250	1250
313	4,85E-05	3,75E-05	1250	1250
314	5,07E-05	4,80E-05	1250	1250
315	6,32E-05	5,30E-05	1250	1250
316	4,93E-05	2,20E-05	1250	1250
317	4,22E-05	1,60E-05	1250	1250
318	3,70E-05	1,38E-05	1250	1250
319	6,42E-05	1,64E-05	1250	500
320	4,03E-05	1,30E-05	1250	100
321	1,44E-05	9,00E-06	1250	100
322	1,32E-05	1,10E-05	1250	500
323	3,71E-05	8,30E-06	1250	500
324	1,86E-05	1,41E-05	1250	500
325	1,19E-05	1,15E-05	1250	1250
326	6,61E-05	3,00E-05	1250	1250
327	2,97E-05	1,18E-05	1250	1250
328	1,23E-05	4,61E-06	1250	1250
329	3,64E-05	1,60E-05	1250	1250
330	2,15E-05	8,51E-06	1250	1250
331	1,57E-05	5,70E-06	1250	1250
332	1,67E-04	2,52E-05	1250	1250
333	1,18E-04	7,15E-06	1250	1250
334	1,33E-04	6,90E-06	1250	1250
335	8,88E-05	5,94E-06	1250	1250
336	1,09E-04	8,20E-06	1250	1250
337	1,15E-04	7,50E-06	1250	1250
338	1,18E-04	1,00E-05	1250	1250
339	1,13E-04	8,40E-06	1250	1250
340	9,57E-05	6,00E-06	1250	1250
341	6,00E-05	1,43E-05	1250	1250
342	2,00E-05	1,77E-05	1250	1250
343	1,34E-04	1,00E-05	1250	1250
344	1,23E-04	8,00E-06	1250	1250
345	1,06E-04	0,98E-05	1250	1250

346	7,54E-05	6,68E-06	1250	1250
347	1,20E-04	9,27E-06	1250	1250
348	2,40E-04	2,55E-05	1250	1250
349	1,71E-04	1,45E-05	1250	1250
350	1,54E-04	1,10E-05	1250	1250
351	8,54E-05	8,00E-06	1250	1250
352	8,85E-05	4,91E-06	1250	1250
353	1,41E-04	1,65E-05	1250	1250
354	1,42E-04	1,47E-05	1250	1250
355	1,44E-04	1,34E-05	1250	1250
356	1,44E-04	1,91E-05	1250	1250
357	7,95E-05	5,65E-06	1250	1250
358	8,61E-05	8,00E-06	1250	1250
359	1,21E-04	1,20E-05	1250	1250
360	2,95E-05	5,70E-06	1250	1250
361	3,52E-05	7,40E-06	1250	1250
362	1,25E-04	1,15E-05	1250	1250
363	9,89E-05	1,12E-05	1250	1250
364	3,25E-05	7,10E-06	1250	1250
365	6,58E-05	1,17E-05	1250	1250
366	5,47E-05	9,38E-06	1250	1250
367	3,40E-05	5,66E-06	1250	1250
368	6,44E-05	4,64E-05	1250	1250
369	6,56E-05	6,50E-06	1250	1250
370	5,92E-05	4,86E-05	1250	1250

Tabel 3.5: Overzicht verandering evenwichtscoëfficiënten en dispersie.

De resultaten voor de laatste run zijn vergeleken met de metingen zowel voor het binnengebied (Fig. 3.7) als voor het mondingsgebied (Fig. 3.8).

In de figuren 3.7 is aan het einde van de berekende morfologische ontwikkeling een kleine afwijking te zien. Dit is te zien in ieder vak. Oorzaak hiervan is dat oude bestaande bestanden (spreadsheets) zijn gebruikt om de nieuwe resultaten te presenteren. Het einde van de nieuwe berekende morfologische ontwikkeling met SOBEK, dekt niet volledig de oude resultaten in IMPLIC. Echter kan men wel een idee krijgen van de overeenkomst tussen de twee modellen. Voor de resultaten van het oude model wordt verwezen naar Fokkink (1998). Ook voor de laatste berekening is de overeenkomst met het oude model goed en is er geen sprake van verslechtering.

Tot slot nog een opmerking betreffende het Verdrongen land van Saeftinge. Om de resultaten met de nieuwe indeling te vergelijken met de oude, is de nieuwe vakindeling gesommeerd zodat deze overeenkomt met de drie vakken uit het oude model. De overeenkomst met de metingen zijn beter geworden in het nieuw model.

De overeenkomst tussen de berekening en de meetgegevens in het mondingsgebied is voor de meeste vakken goed. Verder worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- Voor de vakken dicht bij de monding (367 t/m 370) is duidelijk een andere vakindeling gehanteerd bij het verwerken van de data dan bij de gebruikte modelschematisatie. Dit is te zien door de grote verschillen tussen de modelresultaten en de metingen al bij het begin van de berekening.

- Bij de vakken waarbij al aan het begin van de berekening een verschil is tussen de data en de berekeningen moet men naar de veranderingen kijken in plaats van naar de absolute waarden.
- De gebruikte schematisatie heeft zijn beperkingen. In een 1D netwerk model is sediment uitwisseling alleen mogelijk langs de takken. In werkelijkheid zijn echter uitwisselingen in beide richtingen (langs en dwars) mogelijk. Voor sommige vakken veroorzaakt dit zelfs een probleem omdat de schematisatie niet helemaal juist is. Het afregelen van vakken 302 en 303 heeft bijvoorbeeld voor veel problemen gezorgd. Dit komt door dat de sedimentatie in deze vakken eigenlijk een gevolg is van sedimentuitwisseling in de dwarsrichting (van vak 306 naar vak 302) maar dit is niet mogelijk volgens de gebruikte schematisatie (inherent aan 1D).
- Verdere aanpassing van de invoerparameters om de resultaten beter te krijgen is gezien de beperkingen van de schematisatie niet geloofwaardig. Het kan tot over fitting leiden die juist de voorspelbaarheid van het model verslechtert.

4 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Samengevat zijn de volgende uitbreidingen / verbeteringen voor het ESTMORF model voor de Westerschelde uitgevoerd:

- Software verbeteringen:
 - Een nieuwe functionaliteit van het programma is geïmplementeerd waarmee de ingrepen (baggeren en storten) in een vak kunnen worden verdeeld over de geulbodem en de geulwanden volgens de door de gebruiker opgegeven verdeling. Hiervoor werden alle ingrepen altijd alleen op de geulbodem verwerkt.
 - De weergave van foutmeldingen zijn verbeterd en begrijpelijker gemaakt. Hiermee zijn de eventueel opgetreden fouten beter traceerbaar geworden.
- Het model is uitgebreid met het mondingsgebied. De benedenstroomserand van het model is van Vlissingen geschoven naar Westkappelle. Hierdoor kan het model ook worden gebruikt voor analyseren van ingrepen in en op het mondingsgebied.
- De schematisatie van het model in het Land van Saeftinge is verfijnd. Hierdoor zijn de modelresultaten in dit gebied beter geworden.
- Het model is van IMPLIC omgezet naar SOBEK. Het SOBEK model is gecalibreerd door de resultaten met metingen en met de resultaten van het IMPLIC model inclusief het mondingsgebied te vergelijken.
- Het nieuwe ESTMORF model is gecalibreerd aan de hand van gegevens in de periode 1968-1998.

Uit de studie zijn verder de volgende conclusies getrokken:

- Uitbreiden van het model met het mondingsgebied heeft weinig invloed op de resultaten in het estuarium deel. Dit betekent dat het bestaande model goed kan worden gebruikt als alleen het binnengebied wordt beschouwd.
- Er is blijkbaar een inconsistentie tussen de getijrandvoorwaarden van het uitgebreid model en van het bestaande ESTMORF model. Dit leidt tot een verschil in zowel het getijverschil als het getijvolume in het estuarium tussen de twee modellen. Het effect van de verschillen is goed te verhelpen door een aanpassing van de coëfficiënten voor het morfologisch evenwicht.
- De schematisatie in een takkenmodel voor het mondingsgebied heeft beperkingen. In het model is sediment uitwisseling in de dwarsrichting (noord-zuid) niet mogelijk terwijl dit in de werkelijkheid wel belangrijk kan zijn.

De volgende aanbevelingen worden gedaan voor de toepassing en eventuele aanpassingen van het model:

- Het bestaande model moet behouden blijven. Voor studies alleen voor het estuarium heeft het model het voordeel dat het kleiner en sneller is en dat consistentie behouden blijft met de al uitgevoerde studies. Het model behoudt zijn waarde omdat de huidige studie heeft aangetoond dat de uitbreiding van het model met het mondingsgebied weinige invloed heeft op de resultaten van het model. Alleen voor studie waarbij het mondingsgebied wordt beschouwd moet het nieuwe model worden gebruikt.
- Voor de verdere verbetering van het model kan men overwegen de netwerkstructuur aan te passen. Daarbij moet men eerst de morfologische ontwikkeling beter analyseren om te kijken in welke richting de sediment uitwisseling voornamelijk plaatsvindt.
- Al vanaf het begin blijkt dat het intergetijdengebied (platen) in het model niet goed wordt weergegeven. Dit in tegenstelling tot de geulen waarvan de morfologische ontwikkeling wel goed worden gesimuleerd in ESTMORF. Met de nu nieuwe functionaliteit van baggeren en storten op de wand van een geul zou de weergave van de morfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied beter weergegeven kunnen worden. Met het oog naar de toekomst vanwege de link tussen habitat voorspelling en morfologie is ESTMORF bij een betere weergave van het intergetijdegebied gebaat. Om dit te kunnen realiseren en uit te voeren is een historisch overzicht vereist van de exacte locatie waar gebaggerd en gestort is. Met dit overzicht kan dan worden bepaald hoeveel op de wand van de geul is gestort/gebaggerd en hoeveel op de bodem.

5 Referenties

- Jeuken, M.C.J.L en Weck, A.W. van de, 1999, Uitbreiding ESTMORF-model Westerschelde; Afregelen van het waterbewegingsmodel IMPLIC, WL-Delft Z2701.
- Wang, Z.B. en Bruinsma, R., 1999, Verbetering ESTMORF, WL-Delft Z2760.
- Thoolen, P.M.C., 2000, Uitbreiding en verbetering ESTMORF, WL-Delft Z2934.
- Jeuken, M.C.J.L. en Wang, Z.B., 2000, Morfologische ontwikkeling van intergetijdgebieden en modellering met ESTMORF, WL-Delft Z2776-I: Evaluatie modelresultaten.
- Hibma, A., Jeuken, M.C.J.L. en Wang, Z.B., 2000, Morfologische ontwikkeling van intergetijdgebieden en modellering met ESTMORF, WL-Delft Z2776-II: Literatuurstudie.
- Wang, Z.B. en Helvert, M.A.G. van, 2000, Verbetering intergetijdengebied in ESTMORF; implementatie van diverse maatregelen, WL-Delft Z3002

A Mogelijke foutmeldingen

ESTMORF: Errors and warnings identification

Routine Nnbr

- ```

Main 1000 Warnings
 1 Ingreep.exe warning : see file = ingreep.log
 2 morf2flw.exe warning : see file = morf2flw.log
Main 1100 Errors
 1 Error reading file [name]
 2 File = parsen.rtn not found
 3 Initial run of Parsen failed
 4 File = sobek.sta not found
 5 Initial run of Flow failed
 6 Morf failed at step [number]
 7 Ingreep.exe not started
 8 Ingreep.exe failed: see file = ingreep.log
 9 Morf2Flw.exe not started
 10 Morf2Flw.exe failed: see file = morf2flw.log
 11 Rerunning Parsen failed
 12 Rerunning Flow failed

NetWerk 2000 Warnings
NetWerk 2100 Errors
 1 NodesInfo : memory allocation error
 2 NodesData : memory allocation error
 3 SegInfo : memory allocation error
 4 SegData : memory allocation error
 5 File = [name], not found
 6 Node = [id], not found
 7 String overflow

GetRand 3000 Warnings
GetRand 3100 Errors
 1 File = morfrand.inp, not found
 2 Boundary point [id], not found
 3 Error reading file = MorfRand.inp

GetUser 4000 Warnings
GetUser 4100 Errors
 1 File = EstMorf.inp, not found
 2 File = [name], not found [intervention info]
 3 File = [name], not found [dredging strategy]

```

- 4 File = [name], not found [nodal points relations]
- 5 File = [name], not found [lateral diffusion]
- 6 File = [name], not found [initial concentrations]
- 7 File = [name], not found [equilibrium areas]
- 8 File = [name], not found [equilibrium levels]
- 9 Error reading file = EstMorf.inp
- 10 Error reading file = [name]
- 11 Error reading file = [name]
- 12 Error reading file = [name]

SubSdnc 5000 Warnings

SubSdnc 5100 Errors

- 1 File = [name], not found

Morf 6000 Warnings

- 1 Made equilibrium output files, programme terminated.

Morf 6100 Errors

- 1 Memory allocation error
- 2 MSL= MLW in Segment [name]
- 3 MSL= MHW in Segment [name]
- 4 Channel width in Segment [name] has become zero
- 5 Segment [name] should be dredged, but has a fixed bottom
- 6 Channel depth in Segment [name] has become zero
- 7 Inconsistent profile in Segment [name]

INITVERA 7000 Warnings

INITVERA 7100 Errors

- 1 Error opening file = morf.dat
- 2 Error reading file = morf.dat at Segment = [name]
- 3 Error reading file = morf.dat at Seg [name] at layer [nr]

VOLUMES 8000 Warnings

VOLUMES 8100 Errors

- 1 Memory allocation error
- 2 File = length.tbl not found
- 3 File = cross.inp not found
- 4 Error reading file = cross.inp
- 5 File = flow.out not found
- 6 Error reading file = flow.out

DELTAZ 9000 Warnings

DELTAZ 9100 Errors

AREAS 10000 Warnings

AREAS 10100 Errors

- 1 Negative areas in Segment = [name]

INITHORA 11000 Warnings  
 INITHORA 11100 Errors

EQCONC 12000 Warnings  
 EQCONC 12100 Errors

HEQ 13000 Warnings  
 HEQ 13100 Errors

AEQ 14000 Warnings  
 AEQ 14100 Errors

CEQ 15000 Warnings  
 CEQ 15100 Errors

CONC 16000 Warnings  
 CONC 16100 Errors  
     1 Negative concentration in Segment = [name]  
     2 NAN at Segment = [name]  
     3 Negative channel conc. in Segment = [name]  
     4 Negative low flat conc. in Segment = [name]  
     5 Negative high flat conc. in Segment = [name]

SLVEQ 17000 Warnings  
 SLVEQ 17100 Errors  
     1 Memory allocation error  
     2 Singular Matrix in node = [id]

SEDERO 18000 Warnings  
     1 Flats are fixed in Segment = [name]  
     2 No flats in Segment = [name]  
     3 Channel is fixed in Segment = [name]  
     4 Channel too small in Segment = [name]  
     5 Channel too shallow in Segment = [name]  
     6 Low flats too small in Segment = [name]  
     7 High flats too small in Segment = [name]

SEDERO 18100 Errors

DELTA 19000 Warnings  
 DELTA 19100 Errors

STRATEGY 20000 Warnings  
     1 Dump capacity exceeded  
     2 Ingreep.exe warning : see file = ingreep.log  
 20100 Errors  
     1 Model Info : memory allocation error  
     2 Dump capacity Info: memory allocation error

- 3 Dump capacity Data: memory allocation error
- 4 Strategy Data : memory allocation error
- 5 Volumes history : memory allocation error
- 6 Dump Segment = [nr], not found
- 7 Dredge Segment = [nr], not found
- 8 Ingreep.exe not started
- 9 Ingreep.exe failed : see file = ingreep.log

#### INGREPEN 21000 Warnings

##### 21100 Errors

- 1 Info : memory allocation error
- 2 Dredging info : memory allocation error
- 3 Dumping info : memory allocation error
- 4 Extracting info : memory allocation error
- 5 Intervention info : memory allocation error
- 6 Dredging data : memory allocation error
- 7 Dumping data : memory allocation error
- 8 Extracting data : memory allocation error
- 9 Intervention data : memory allocation error

#### GETDATA 22000 Warnings

##### 22100 Errors

- 1 File = [name], not found
- 2 Dredging : error reading info
- 3 Dumping : error reading info
- 4 Extracting : error reading info
- 5 Memory allocation error
- 6 Dredging : error reading data
- 7 Dumping : error reading data
- 8 Extracting : error reading data
- 9 Dump Capacity : error reading data

#### SETDATA 23000 Warnings

##### 23100 Errors

#### HISMAP 24000 Warnings

##### 24100 Errors

- 1 Error opening file = estmorf.his
- 2 Error opening file = estmorf.map
- 3 File = flow.out, not found

#### FLOWRAND 25000 Warnings

##### 25100 Errors

- 1 File = [name], not found
- 2 Error reading file = [name]
- 3 File = [name], not found
- 4 Error reading file = [name]

## Externe executables:

INGREEP.EXE Warnings and Errors in file = Ingreep.log

26000 Warnings

- 1 File = ngrp.sta, not found. Assume time = 1'
- 2 Dump in triangle : seg [name], bottom level change too large
- 3 Dump in rectangle: seg [name], bottom level change too large
- 4 Dump in trapezium: seg [name], bottom level change too large
- 5 Dumping : seg [name], bank level change too large
- 6 Segment [name], not found in model
- 7 No interventions for [time]

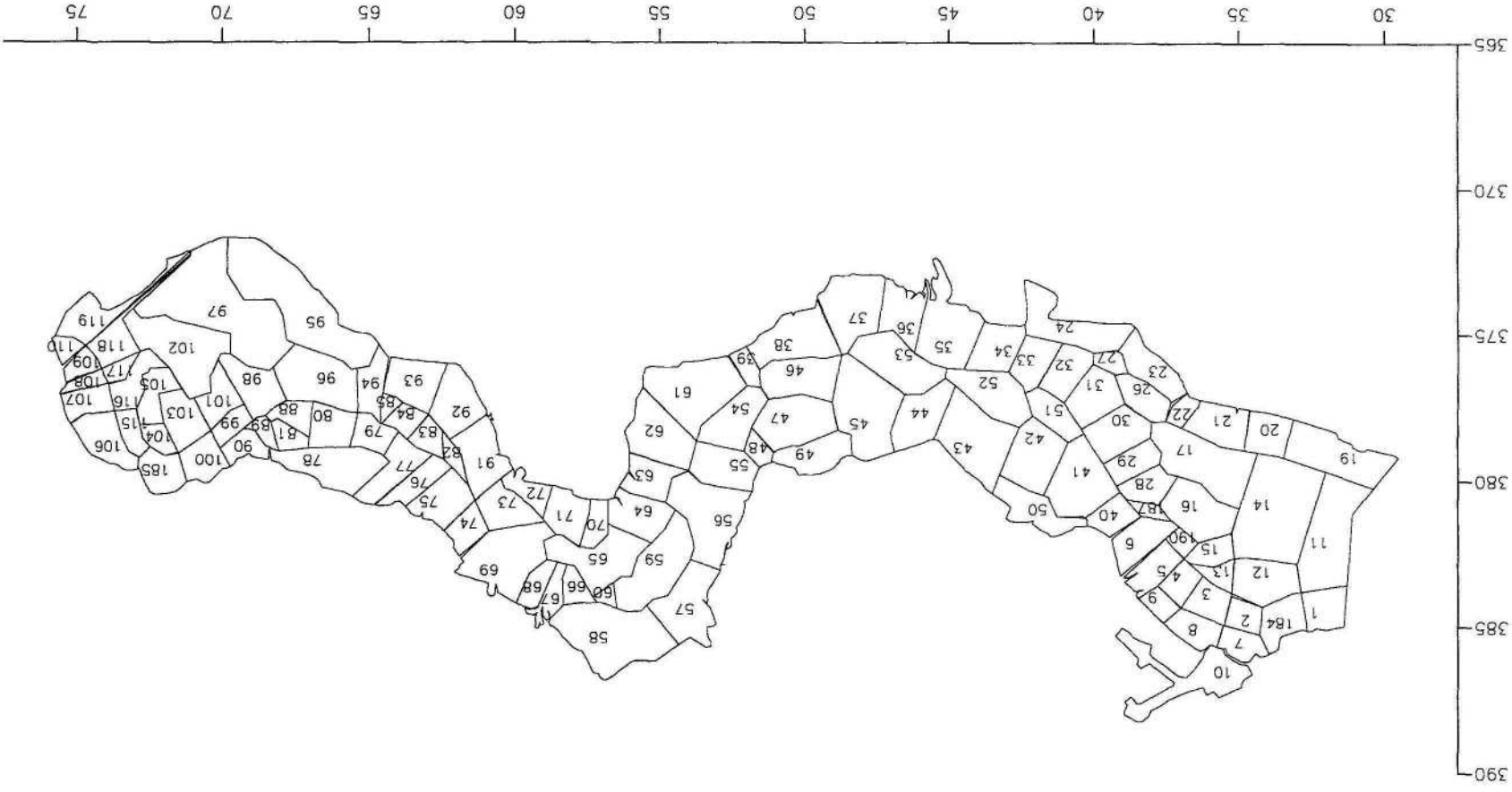
26100 Errors

- 1 Dimension overflow
- 2 File = [name], not found

MORF2FLW.EXE Warnings and errors in file = Morf2Flw.log

27000 Warnings

27100 Errors



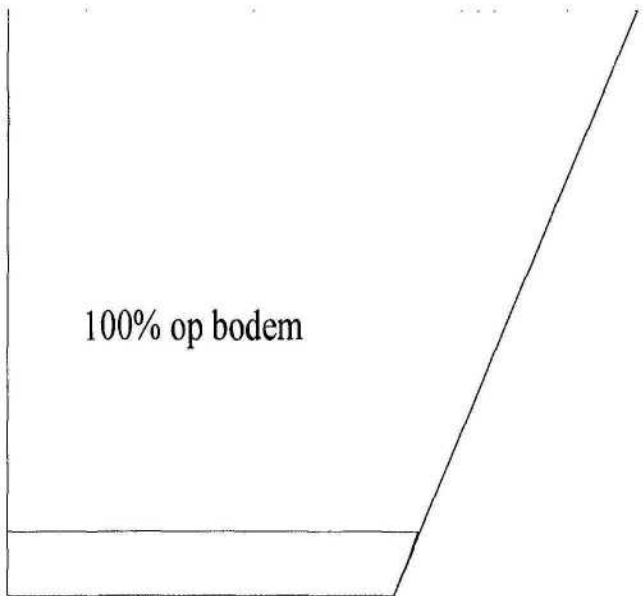
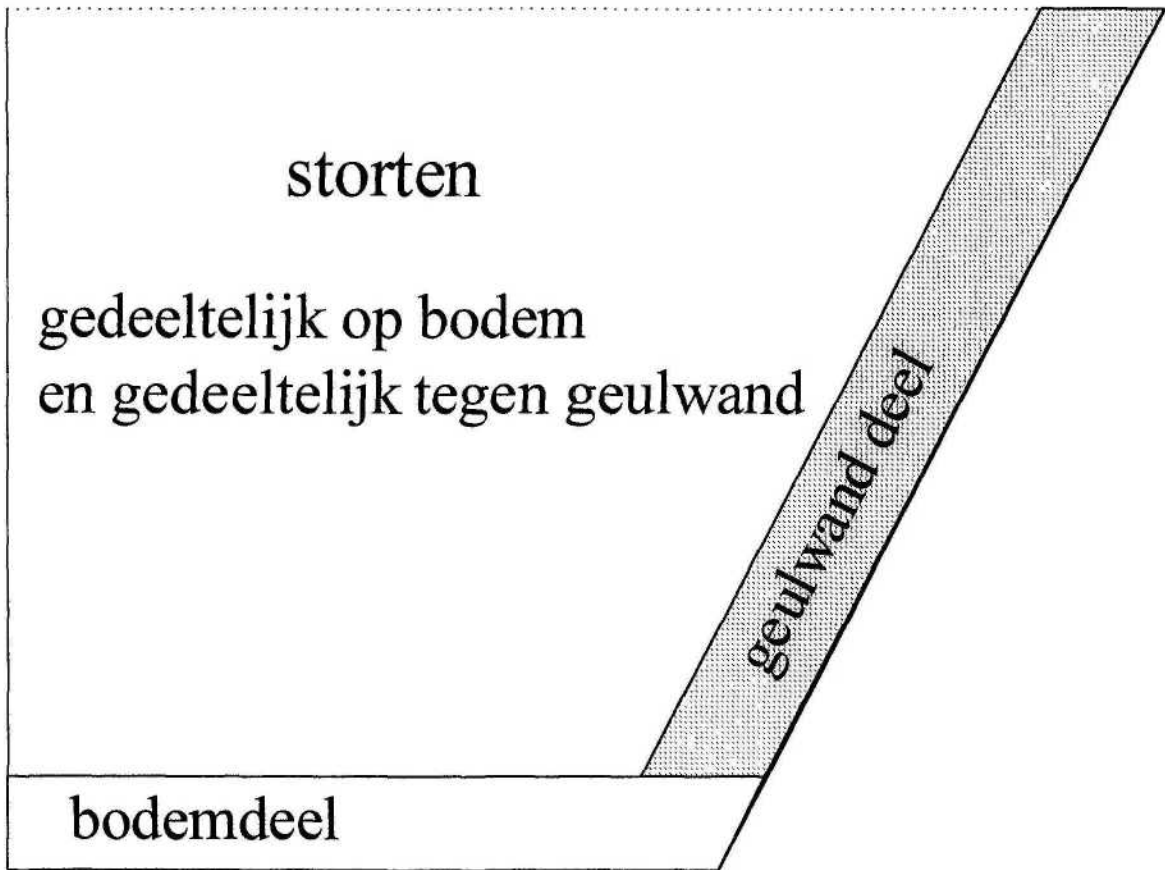
ESTMORF Westerschelde  
 Vakindeling oud zonder monding  
 Versie : IMPLIC model

Z3105

2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig 1



Drie verschillende methode van verwerking van storten  
in het dwarsprofiel

Z3002

2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig.2.1



# Baggeren

gedeeltelijk op bodem  
en gedeeltelijk tegen geulwand

bodemdeel

geulwand deel

100% op bodem

100% tegen geulwand

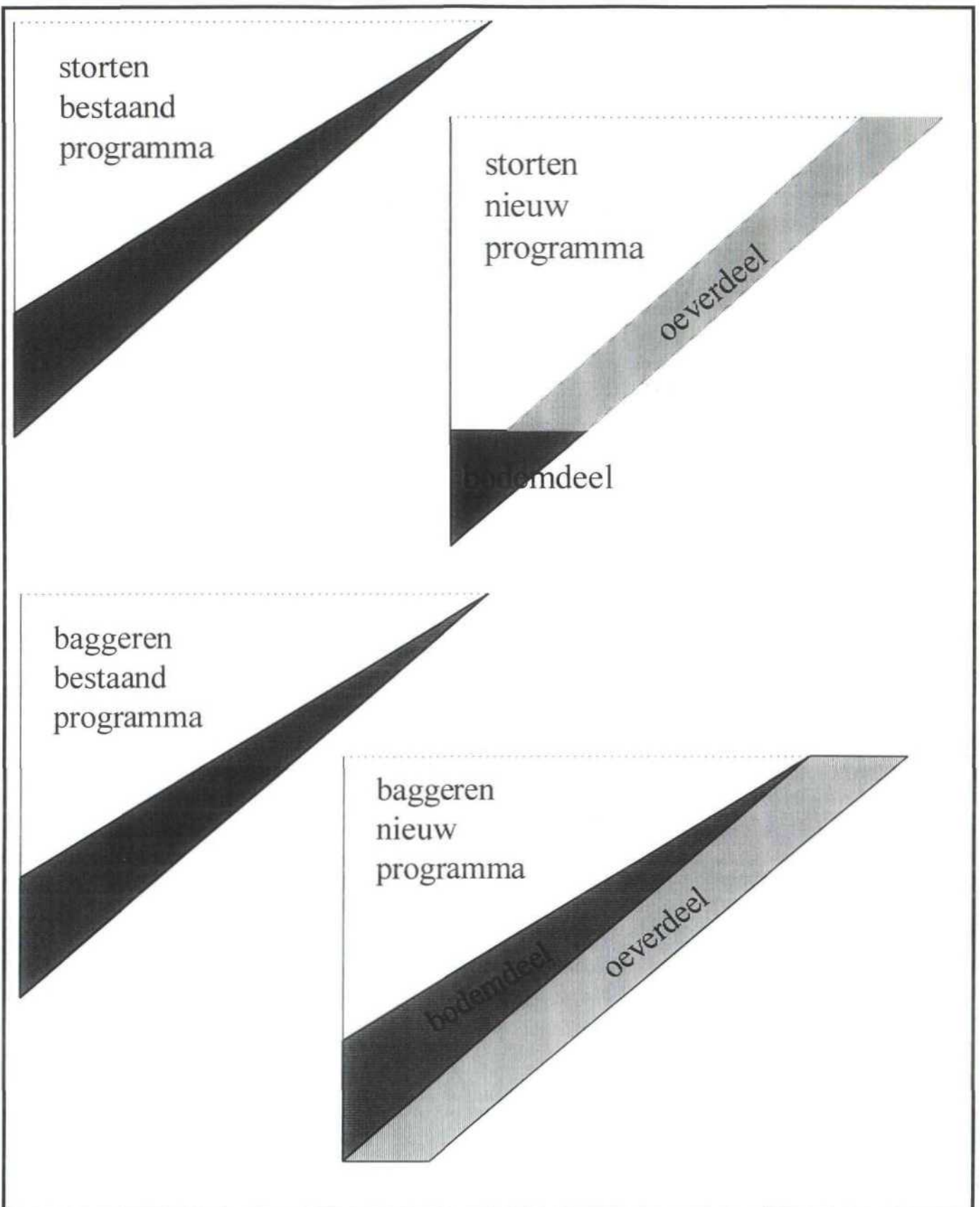
Drie verschillende methode van verwerking van baggeren  
in het dwarsprofiel

Z3002

2001

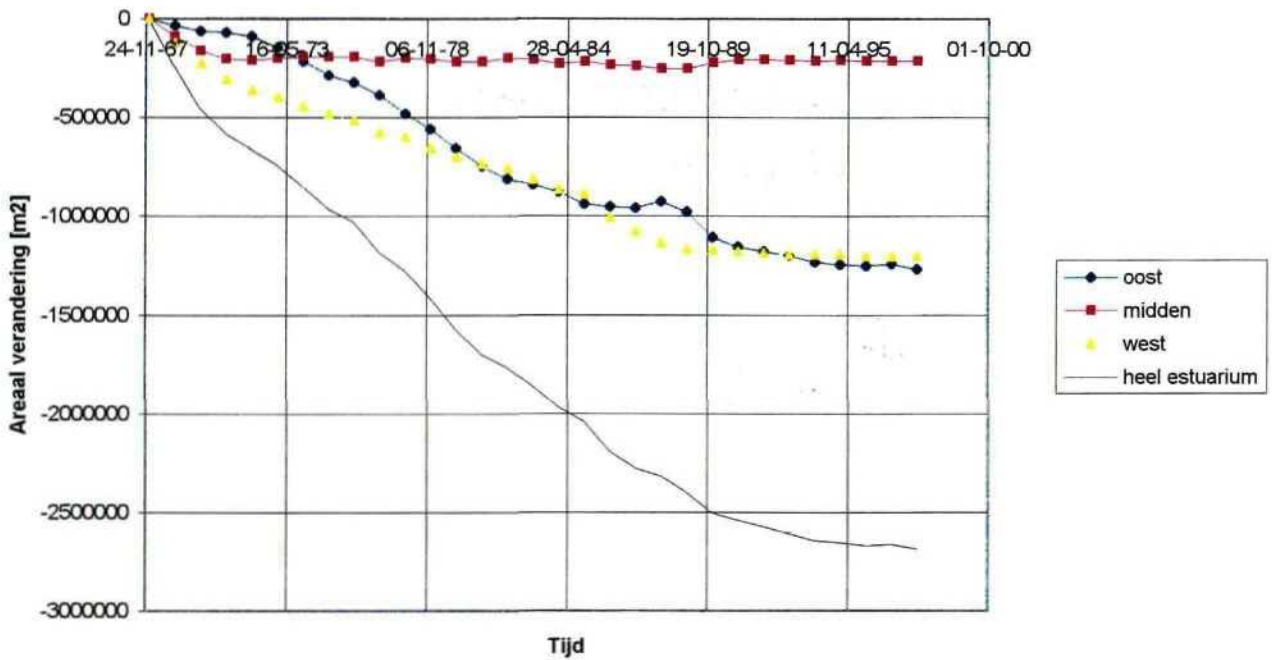
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig.2.2

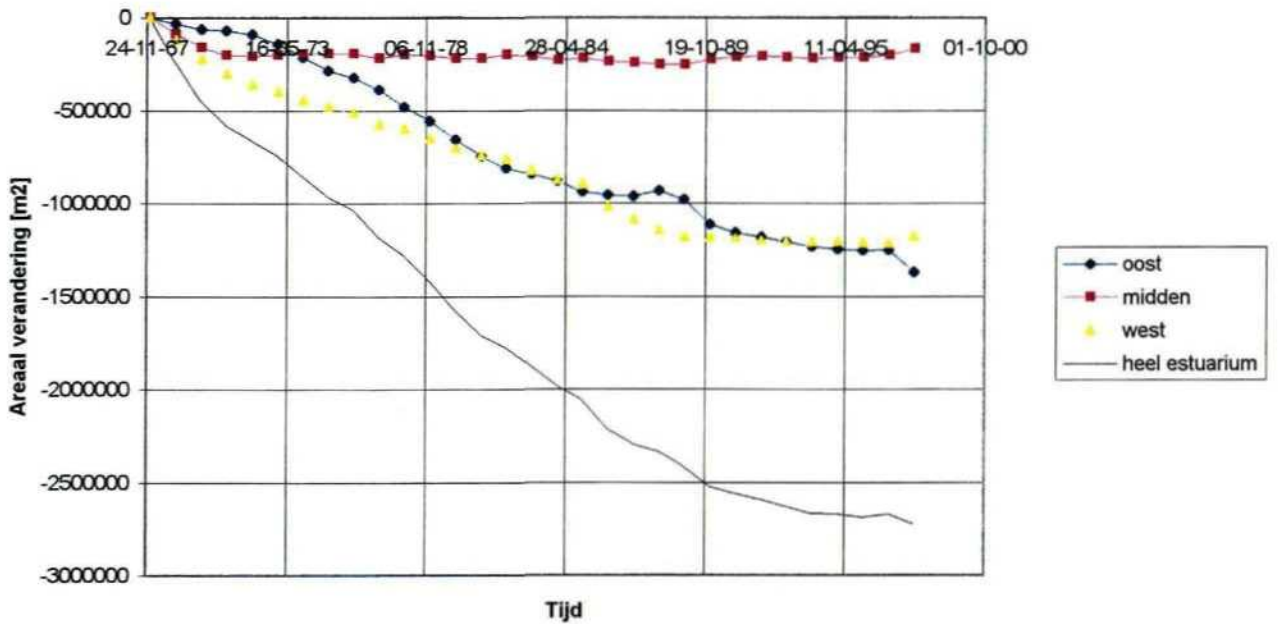


|                                                                                             |         |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--|
| Verwerking van storten en baggeren<br>bij driehoekig profiel<br>Bestaande en nieuwe methode | Z3002   |  |
|                                                                                             | 2001    |  |
| WL   DELFT HYDRAULICS                                                                       | Fig.2.3 |  |

**Areaal veranderingen  
zonder storten op de geulwand**



**Areaal veranderingen  
met storten op de geulwand**

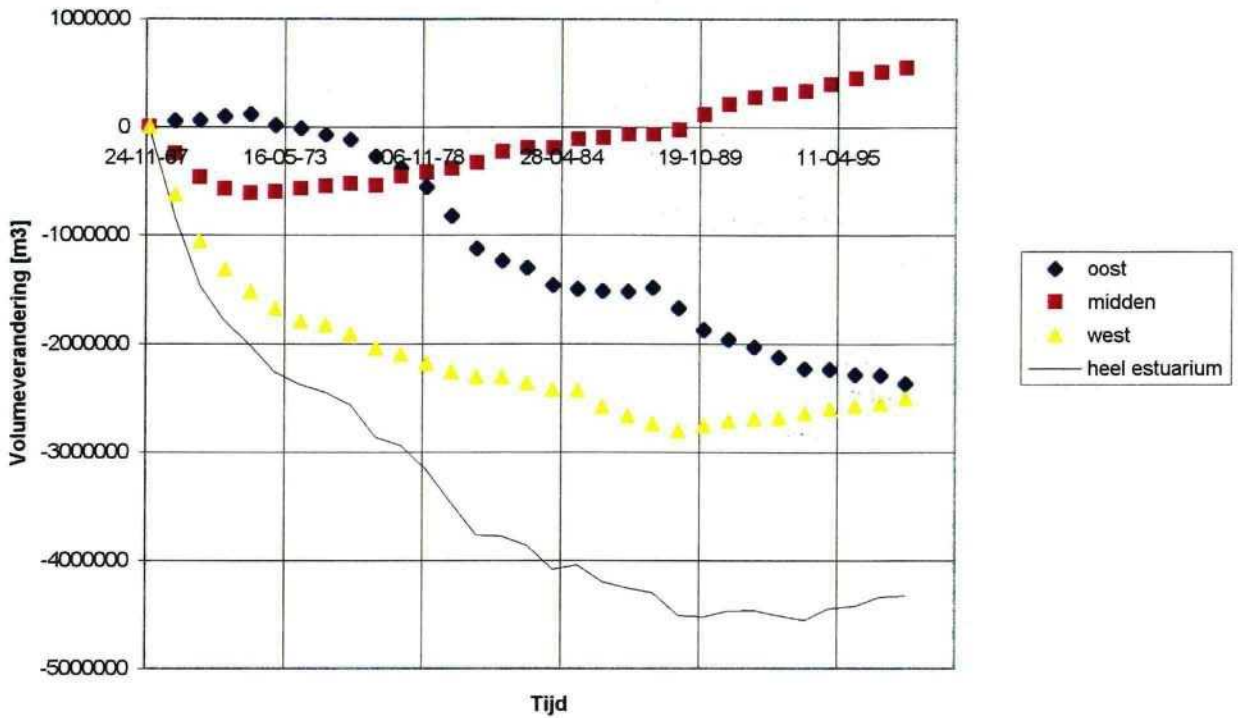


ESTMORF Westerschelde  
Verandering van areaal zonder storten op de geulwand (boven)  
en met storten op de geulwand.

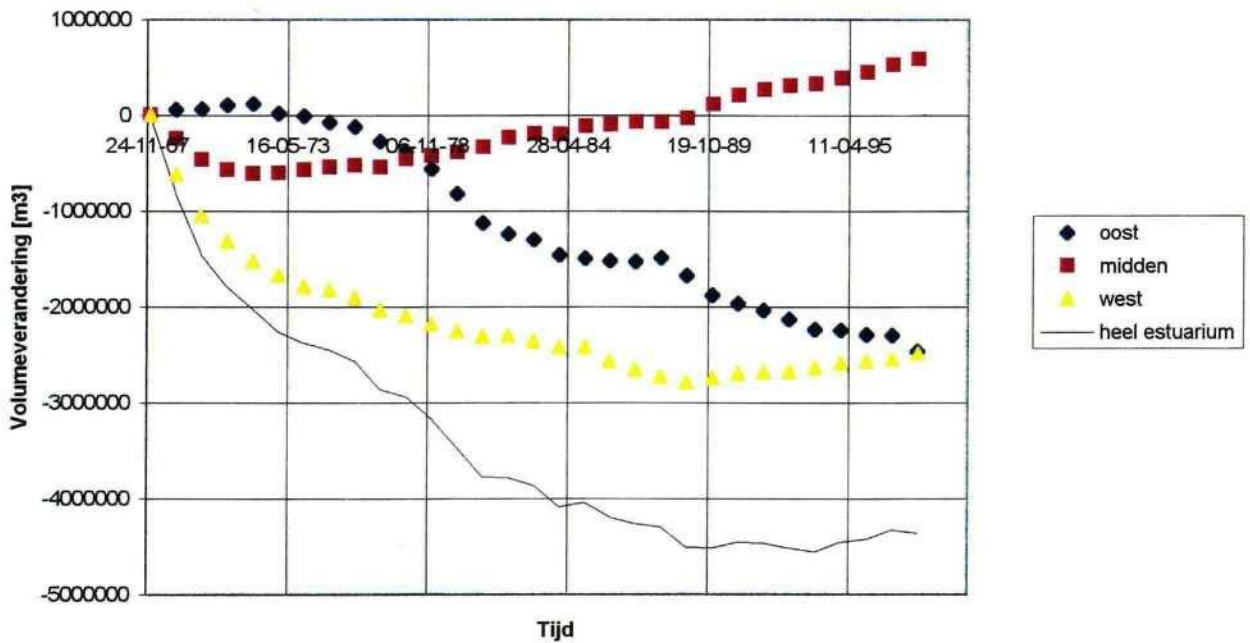
Z3105

2001

### Volumeverandering zonder storten op de geulwand



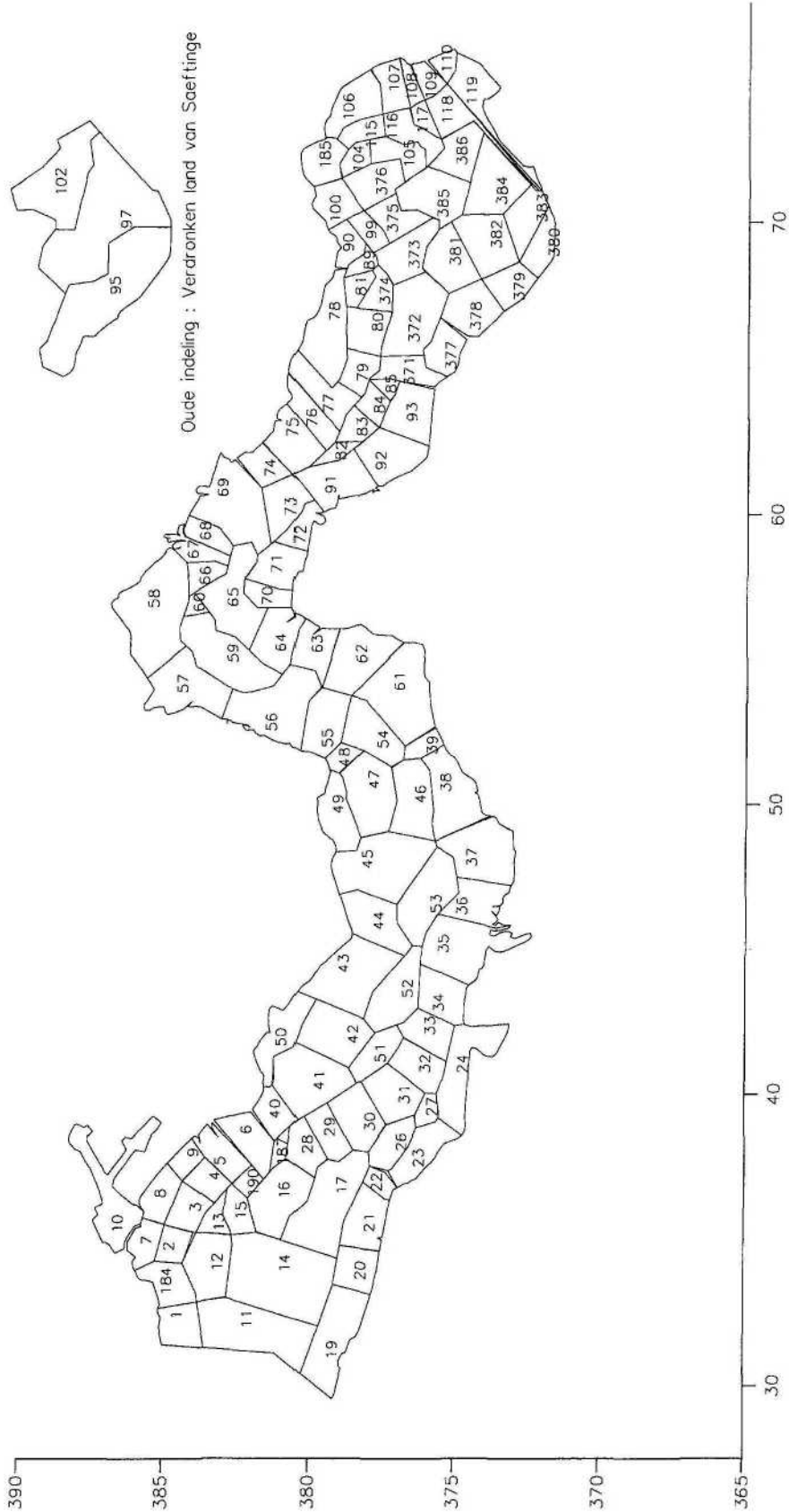
### Volumeverandering met storten op de geulwand



ESTMORF Westerschelde  
Verandering van plaatvolume zonder storten op de geulwand  
(boven) en met storten op de geulwand.

Z3105

2001



ESTMORF Westerschelde

Vakindeling binnengebied + nieuwe vakindeling van Verdr. land van Saeftinge

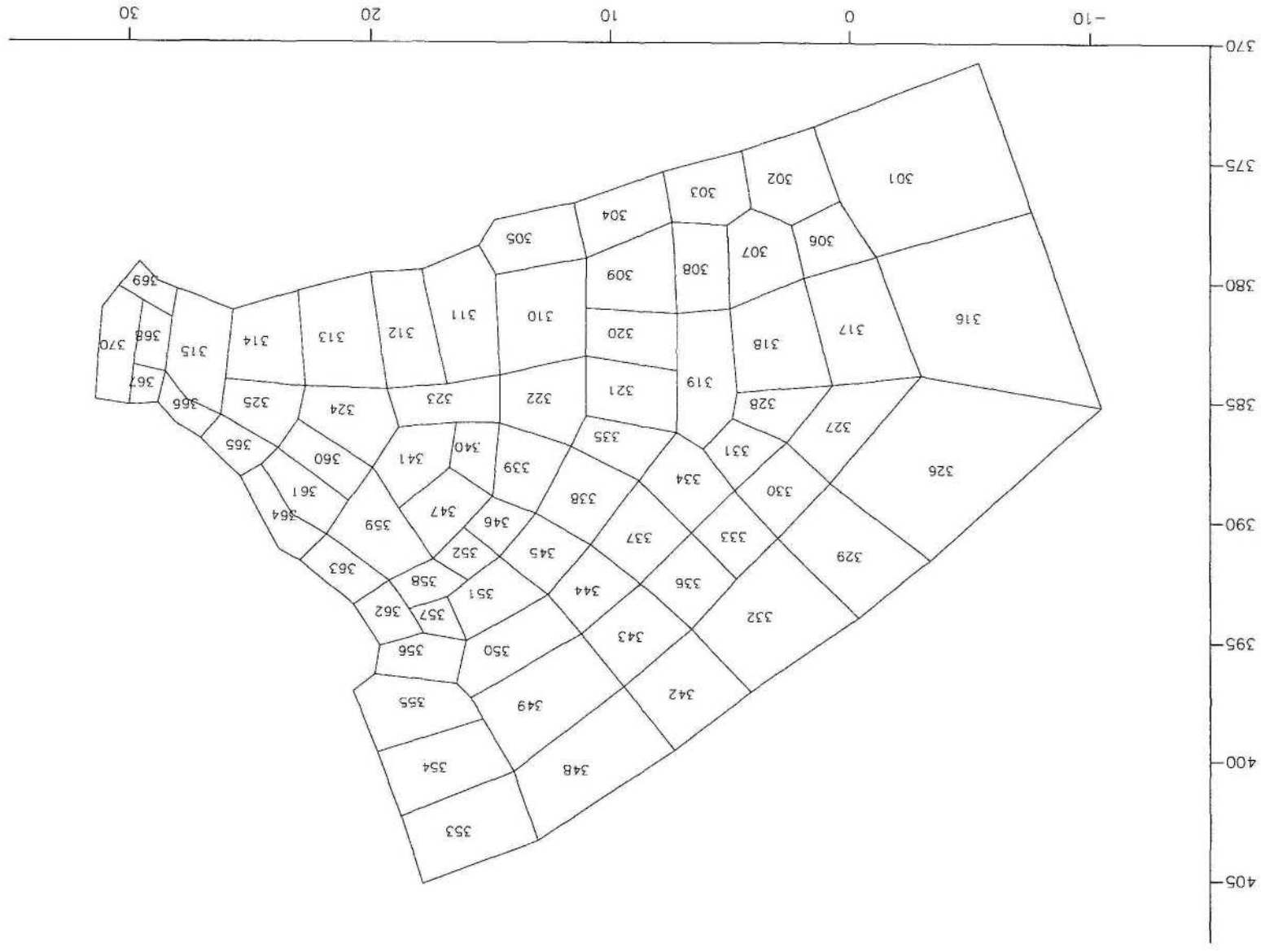
SOBEK model

Z3105

2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig 3.1a



ESTMORF Westerschelde  
 Vtkinding monding  
 SOBEK model

Z3105

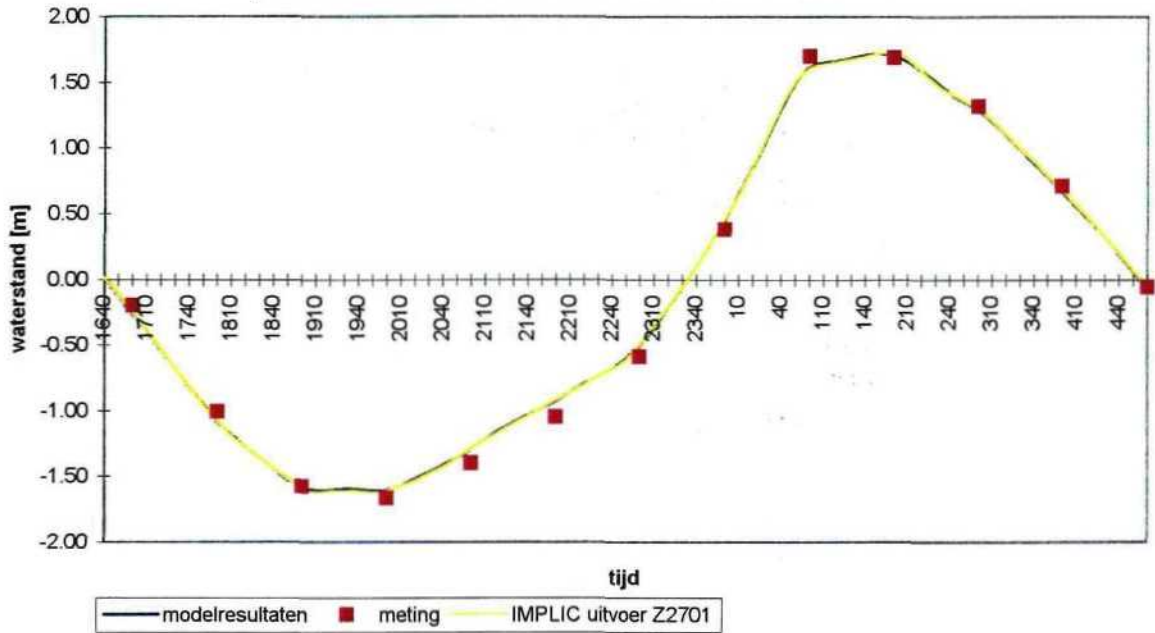
2001

WL | DELFT HYDRAULICS

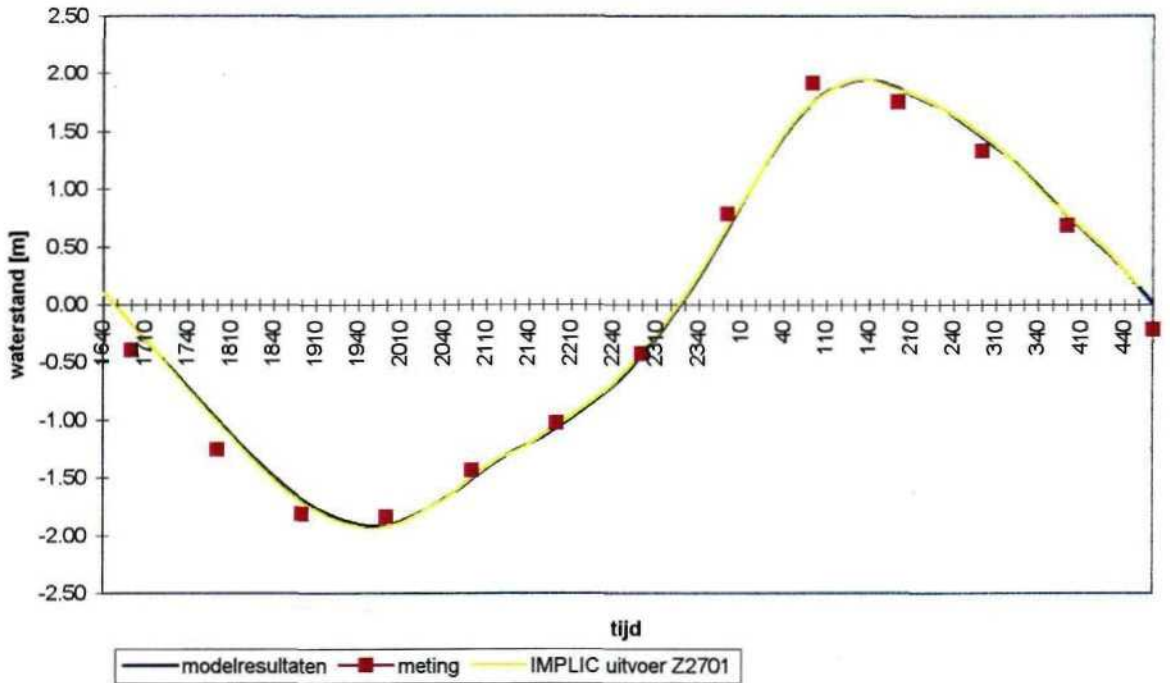
Fig 3.1b



Waterstand Westkapelle (monding), modelresultaat vs meting.  
periode 9 mei 1971 van 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.



Waterstand Cadzand (monding), modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.



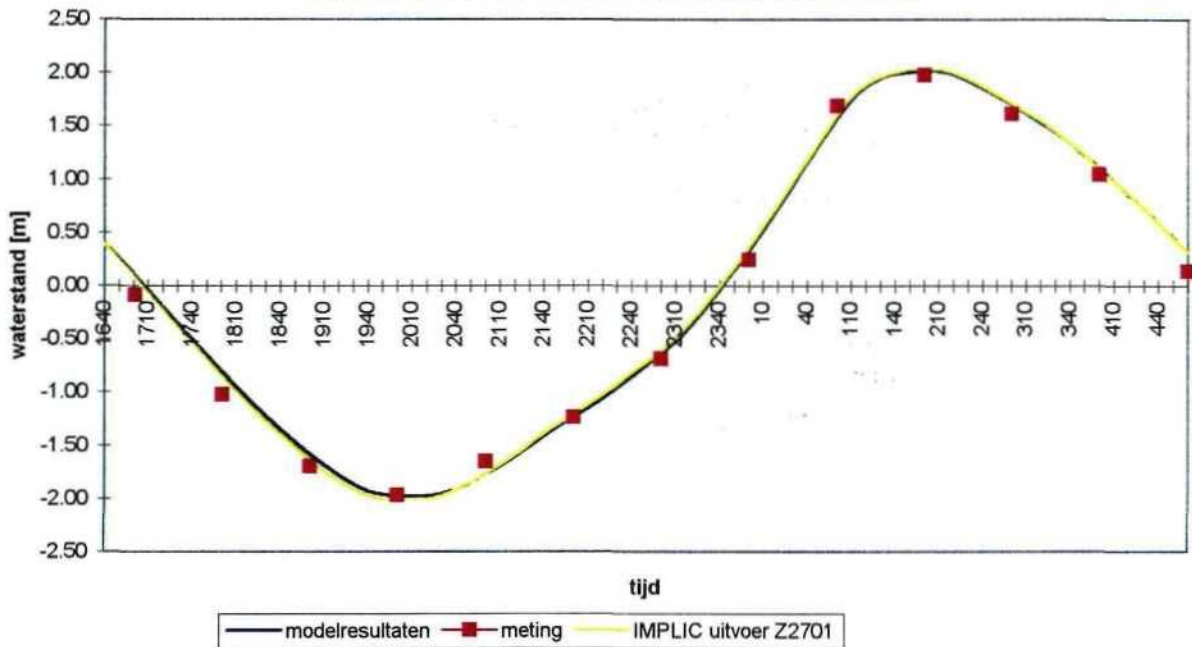
ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging  
Resultaten basisrun monding

Z3105

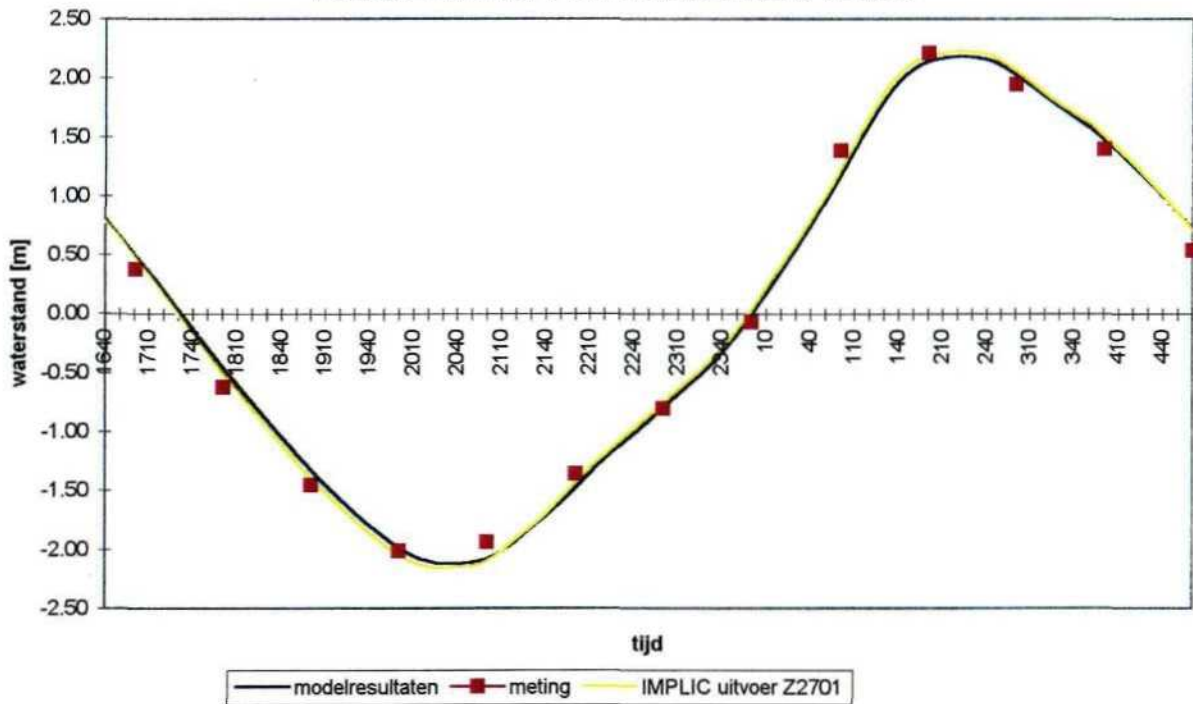
2001



**Waterstand Vlissingen, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Terneuzen, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



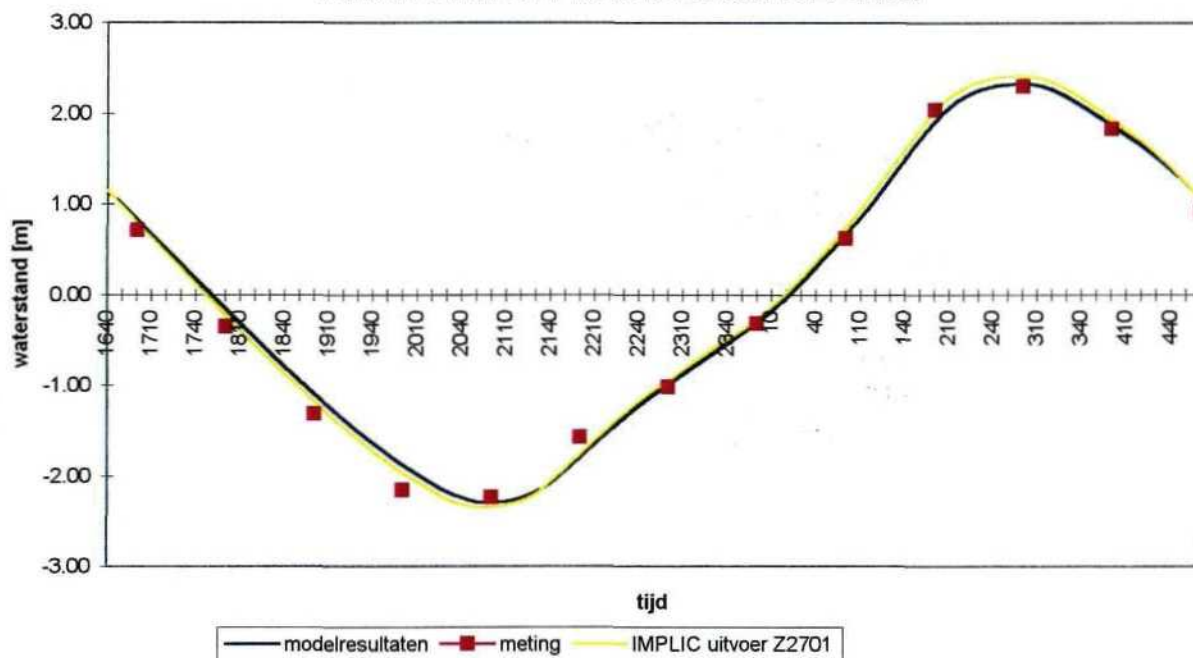
ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging

Resultaten basisrun estuarium/binnengebied

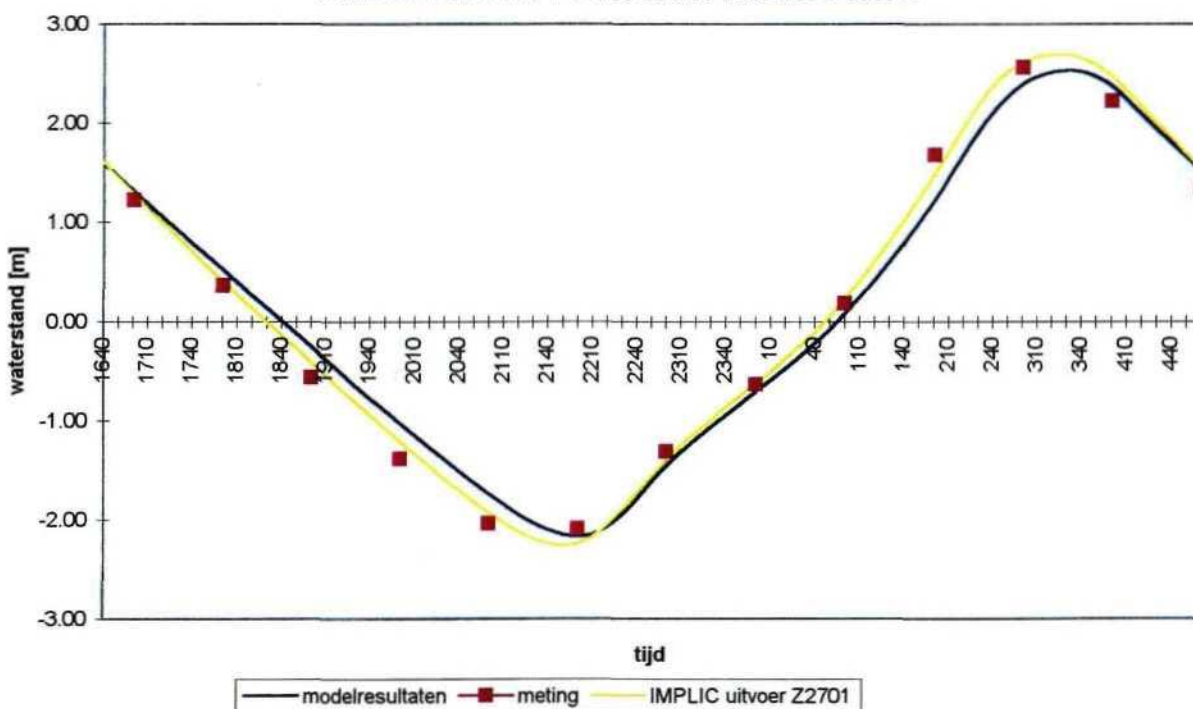
Z3105

2001

**Waterstand Hansweert, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Bath, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



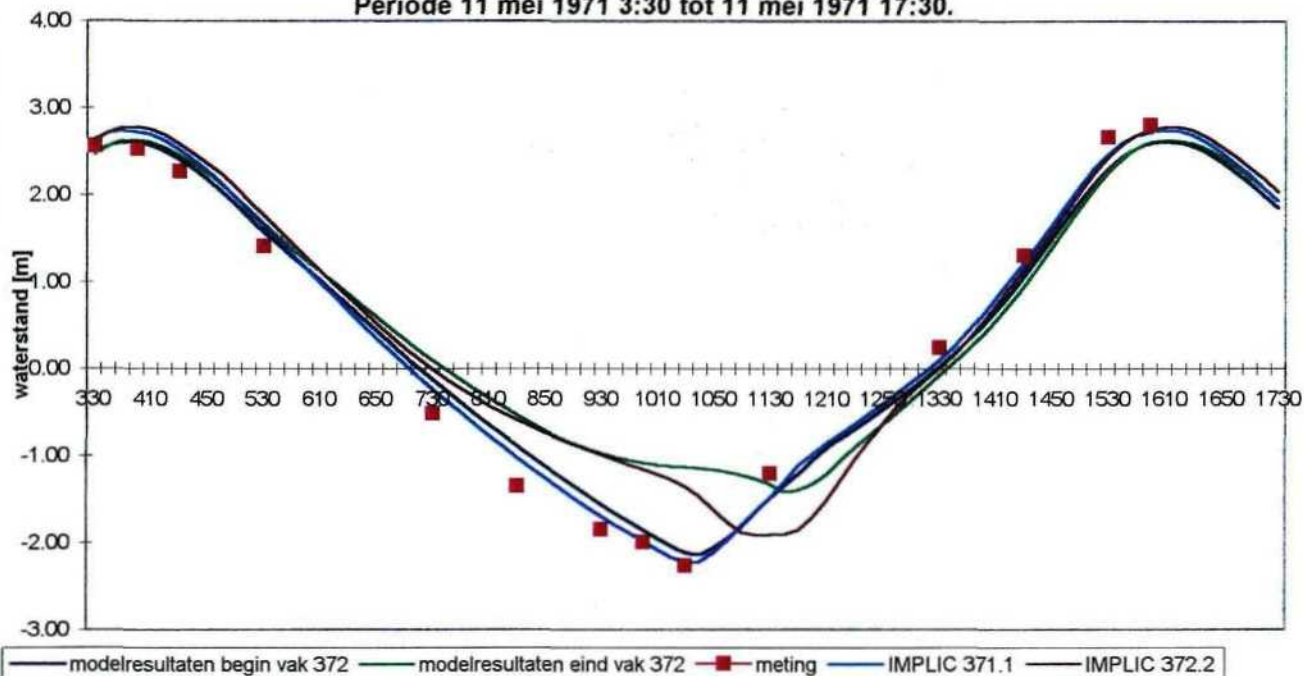
ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging

Resultaten basisrun estuarium/binnengebied

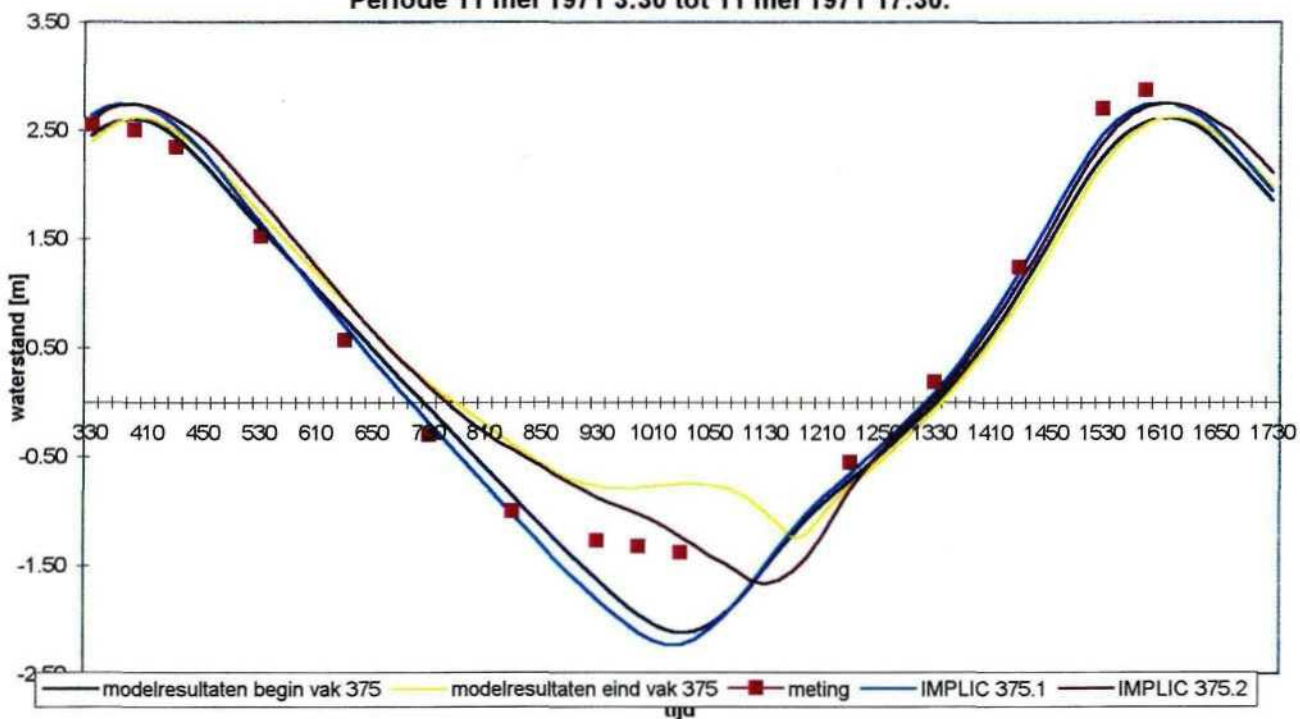
Z3105

2001

**Waterstand P1, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.**



**Waterstand P2, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.**



ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging

Resultaten basisrun Verdrongen land van Saeftinge

Z3105

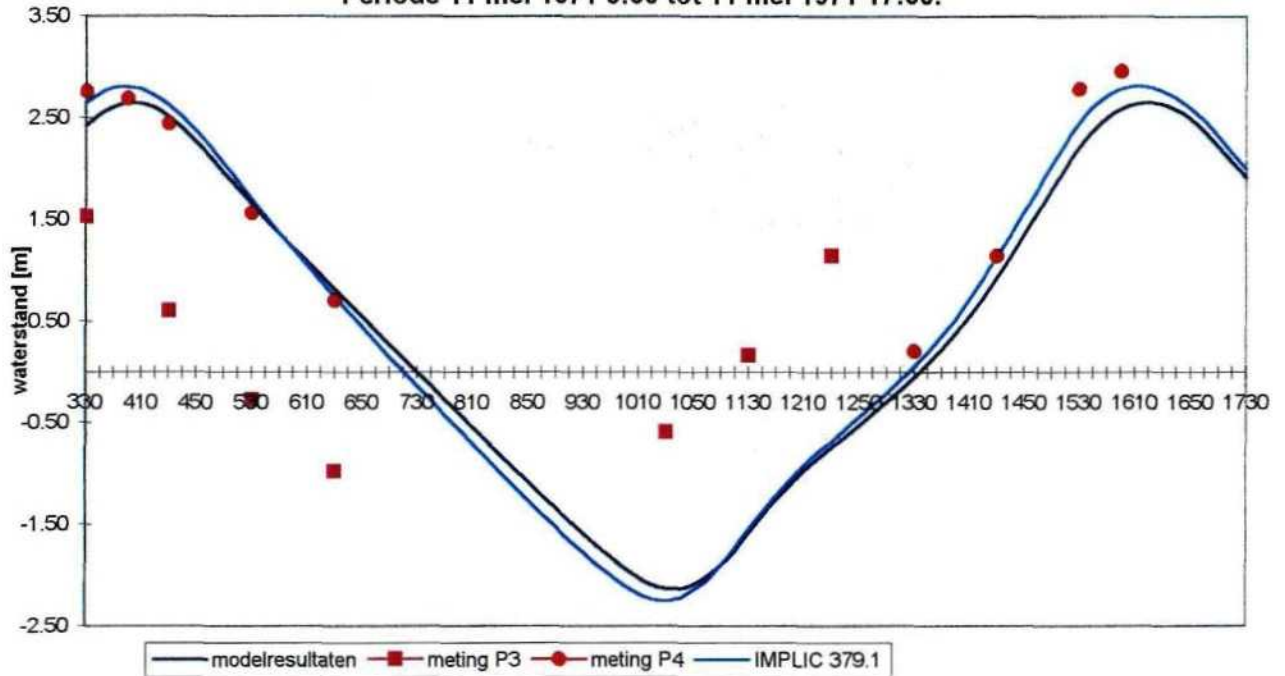
2001

WL | DELFT HYDRAULICS

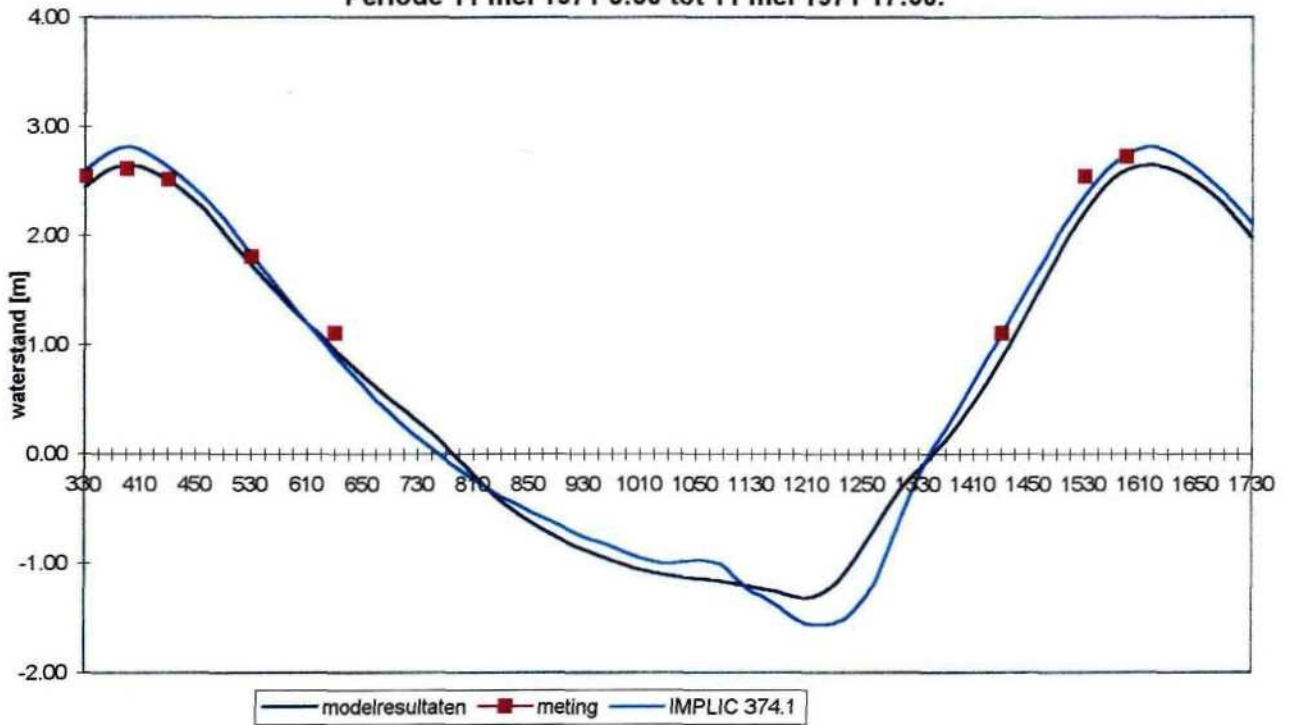
Fig. 3.2d



Waterstand P3 en P4, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



Waterstand P5, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.

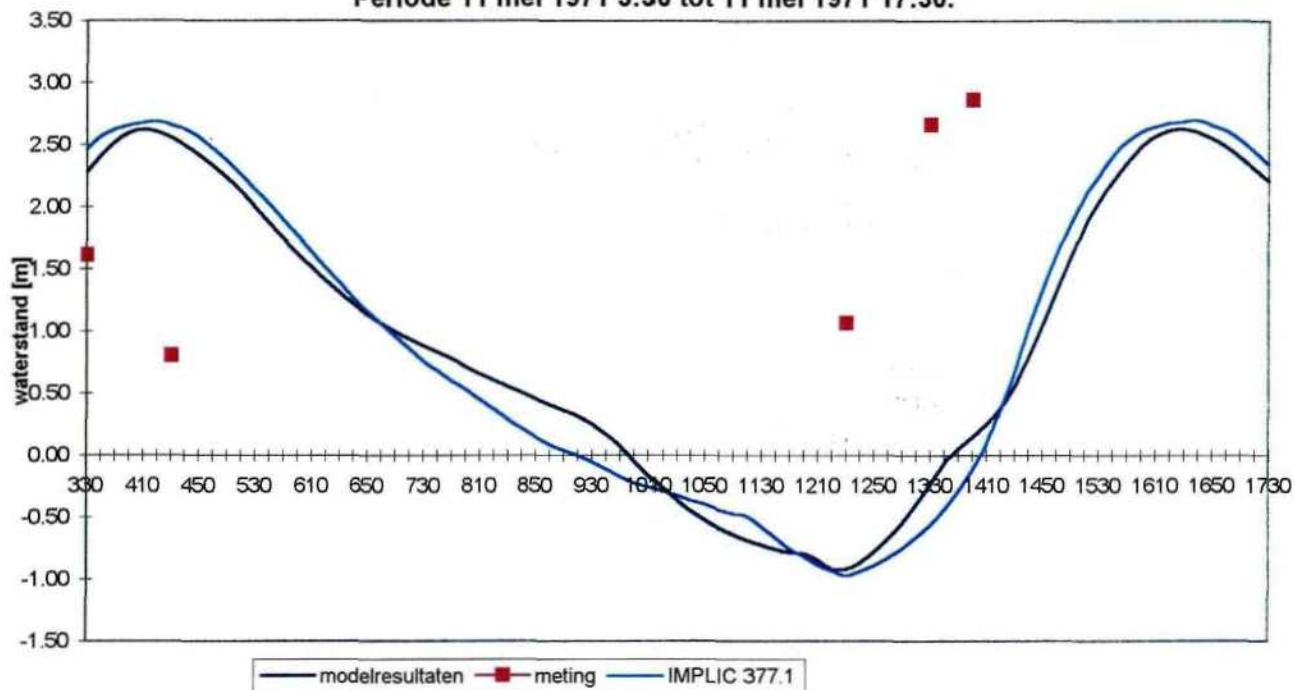


ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten basisrun Verdrongen land van Saeftinge

Z3105

2001

Waterstand P6, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging

Resultaten basisrun Verdrongen land van Saeftinge

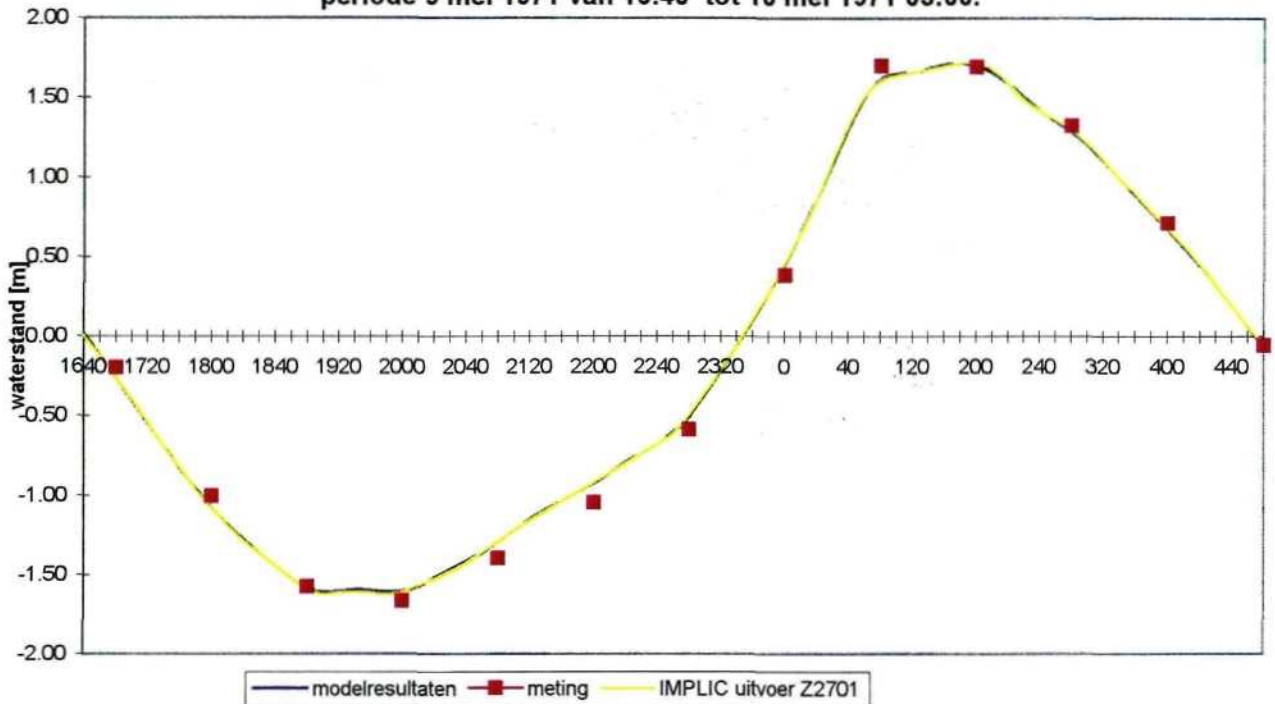
Z3105

2001

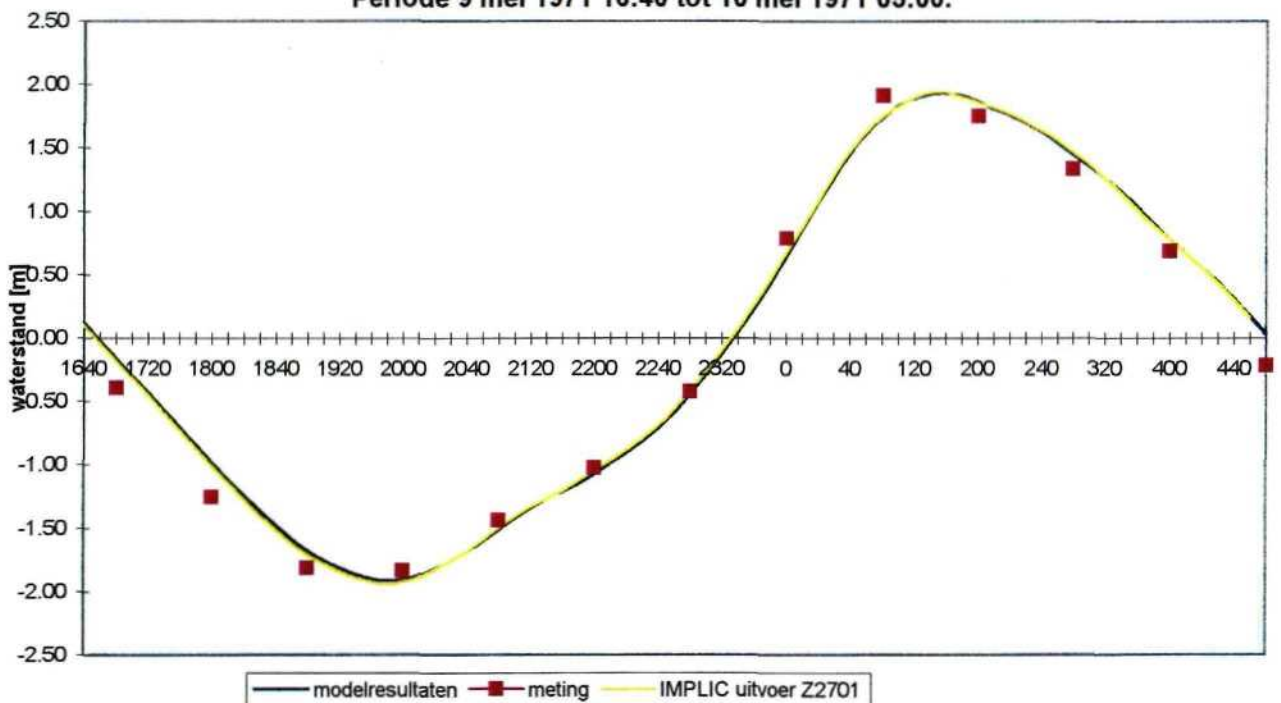
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 3.2f

Waterstand Westkapelle (monding), modelresultaat vs meting.  
periode 9 mei 1971 van 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.



Waterstand Cadzand (monding), modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.

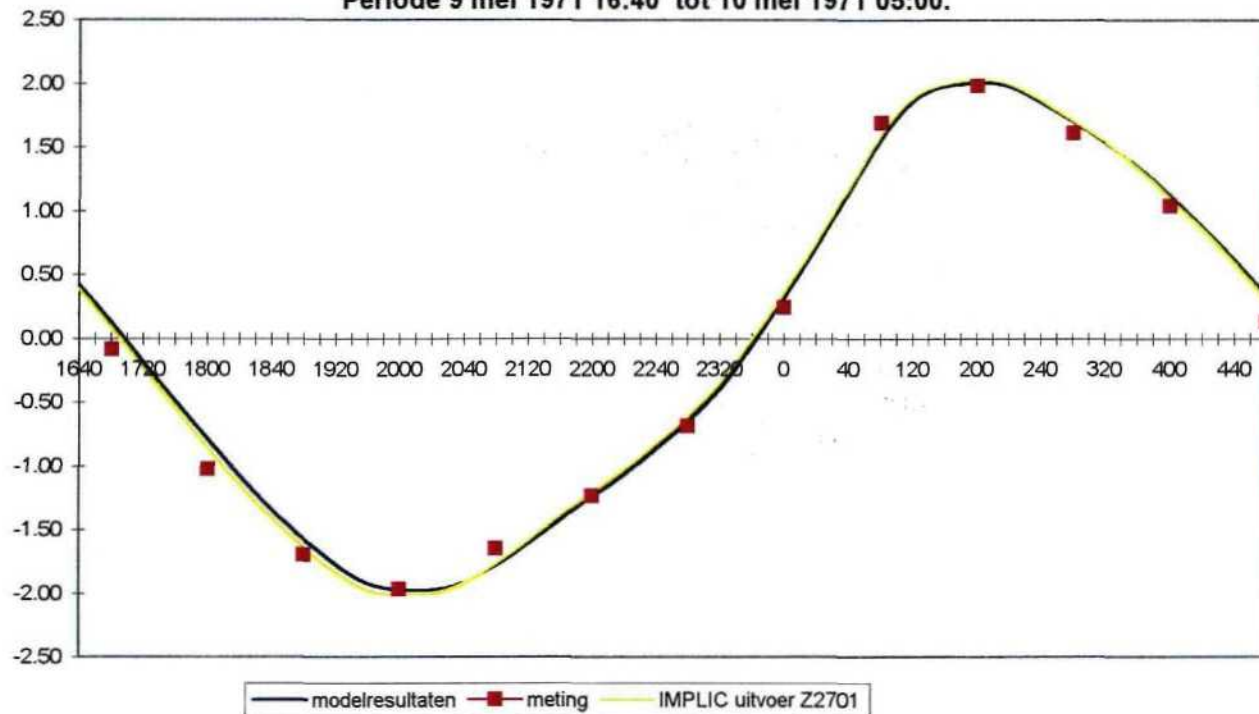


ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging  
Resultaten run I monding

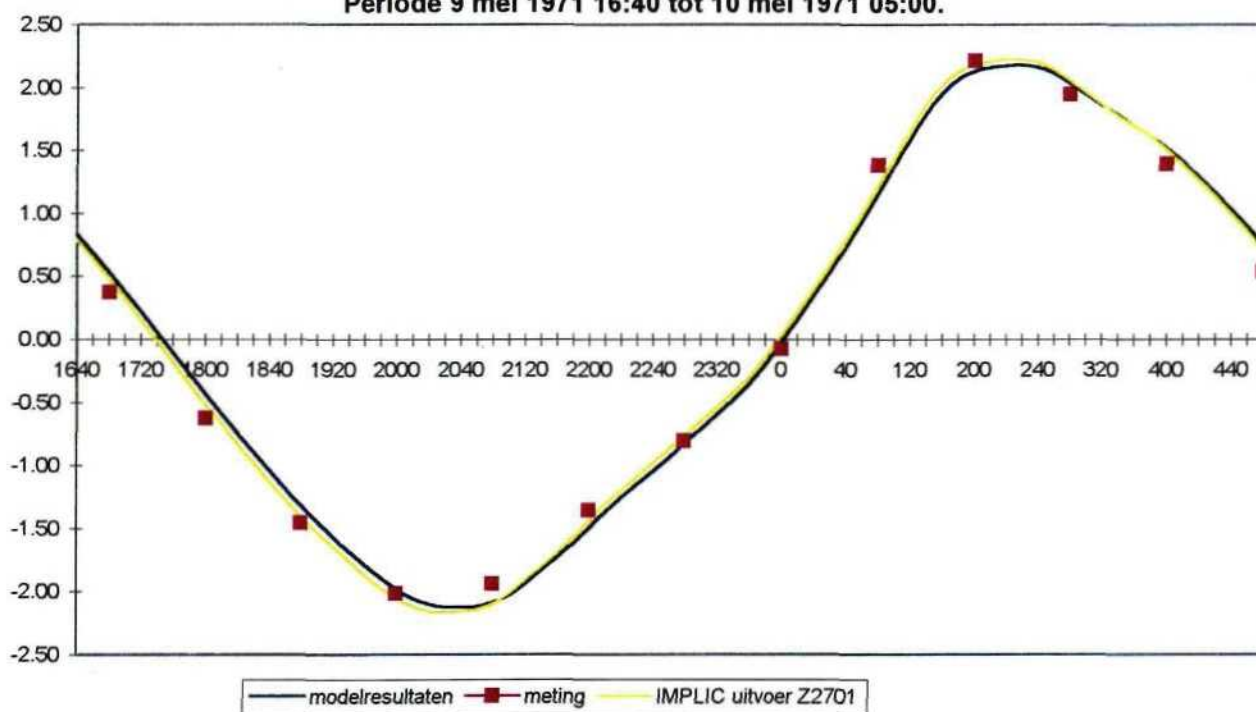
Z3105

2001

**Waterstand Vlissingen, modelresultaat vs meting.**  
**Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Terneuzen, modelresultaat vs meting.**  
**Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



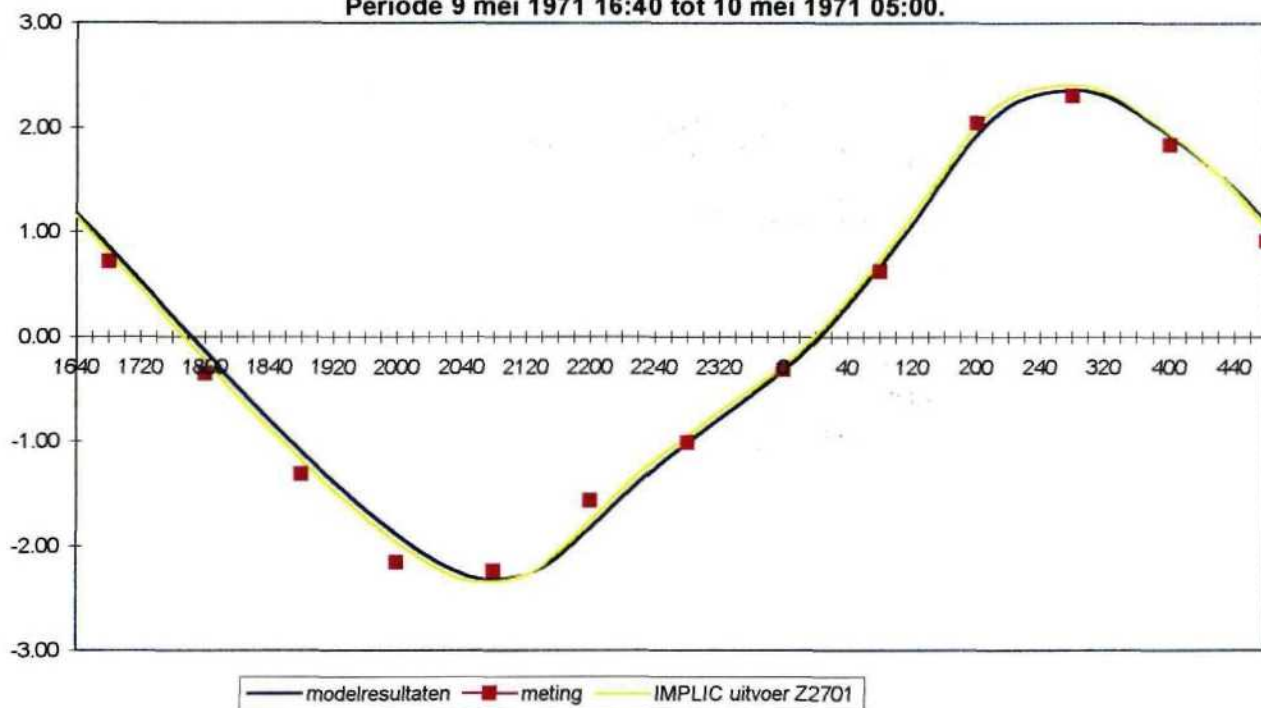
ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten run I estuarium/binnengebied

Z3105

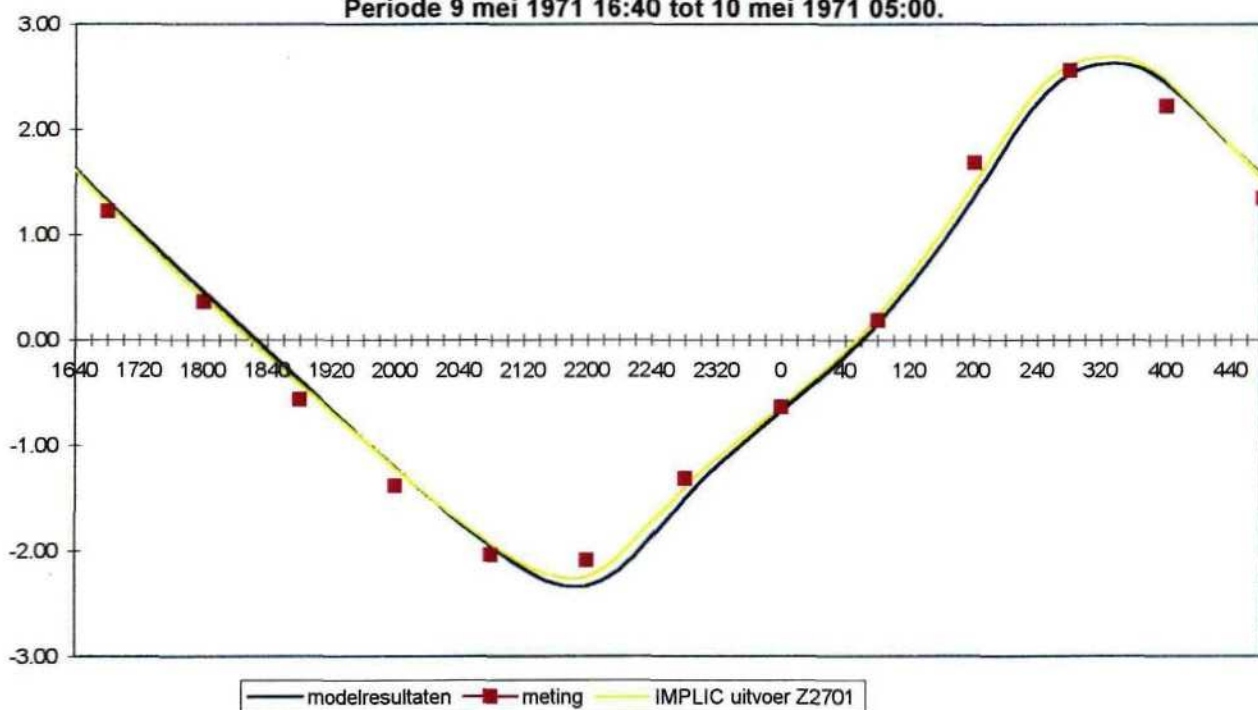
2001



**Waterstand Hansweert, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Bath, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**

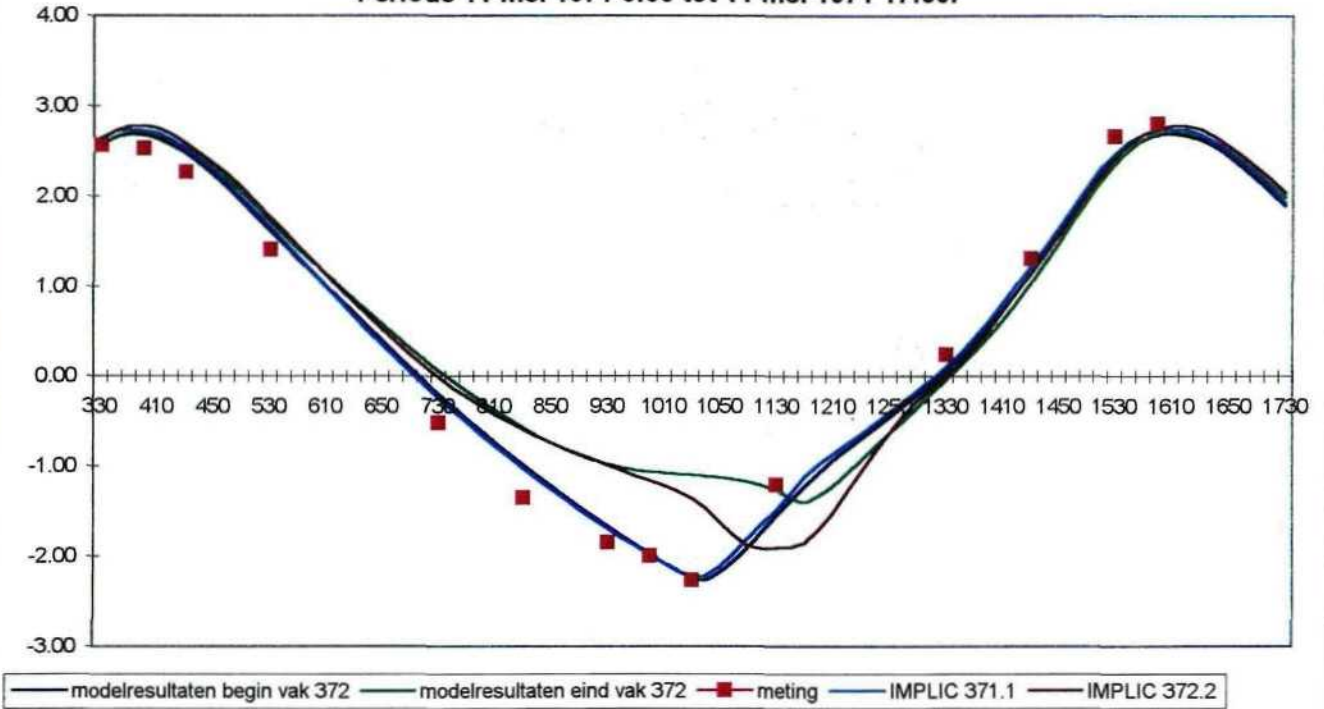


ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging  
Resultaten run I estuarium/binnengebied

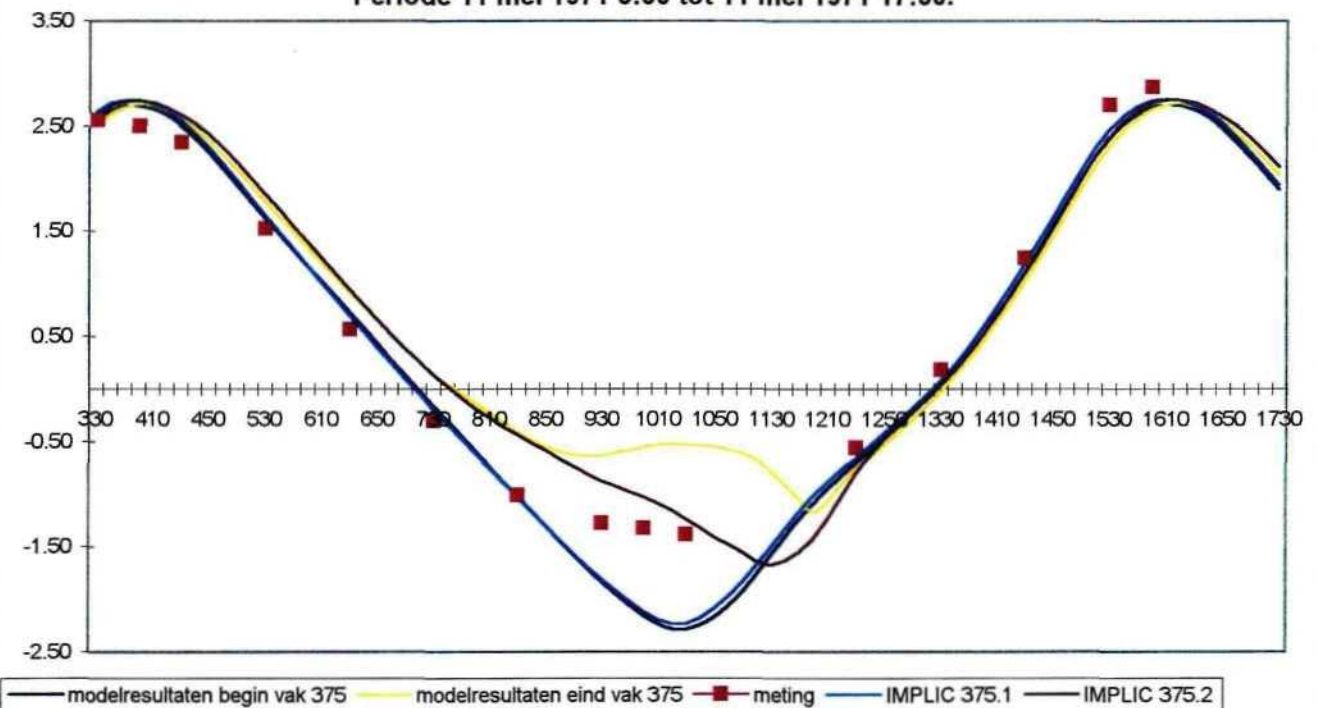
Z3105

2001

Waterstand P1, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



Waterstand P2, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.

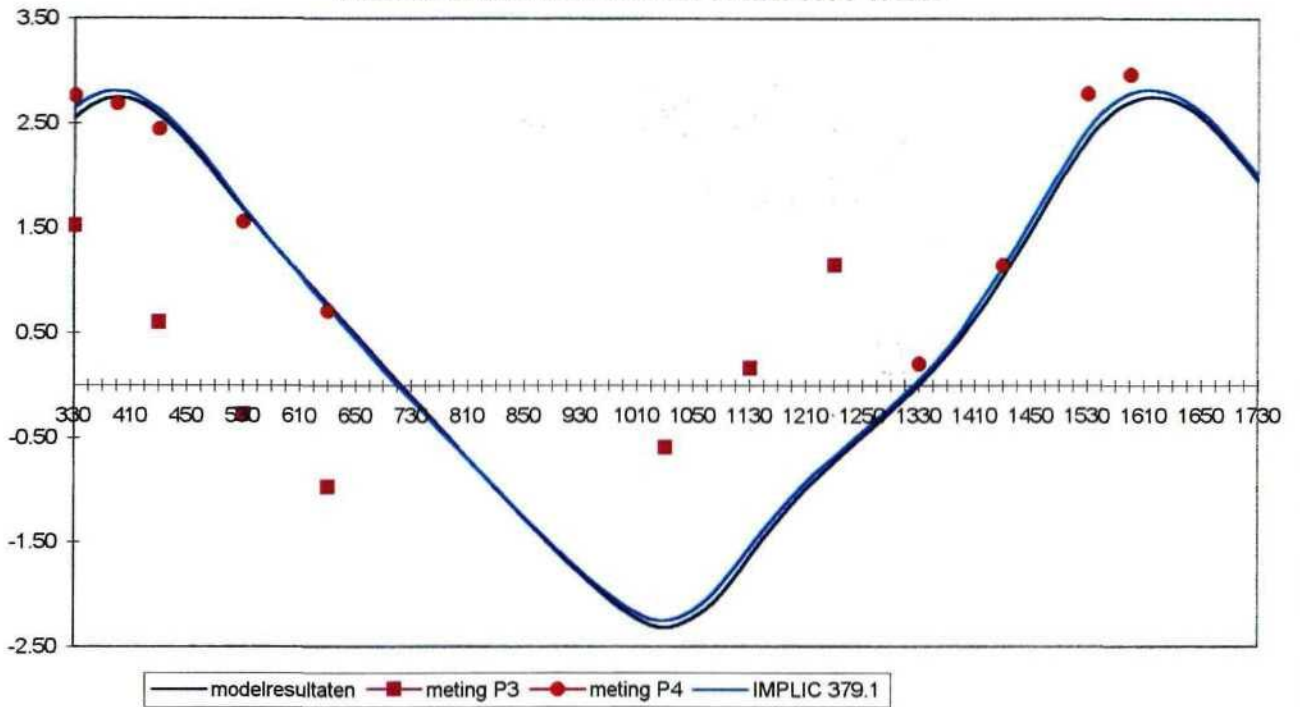


ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten run I Verdrongen land van Saeftinge

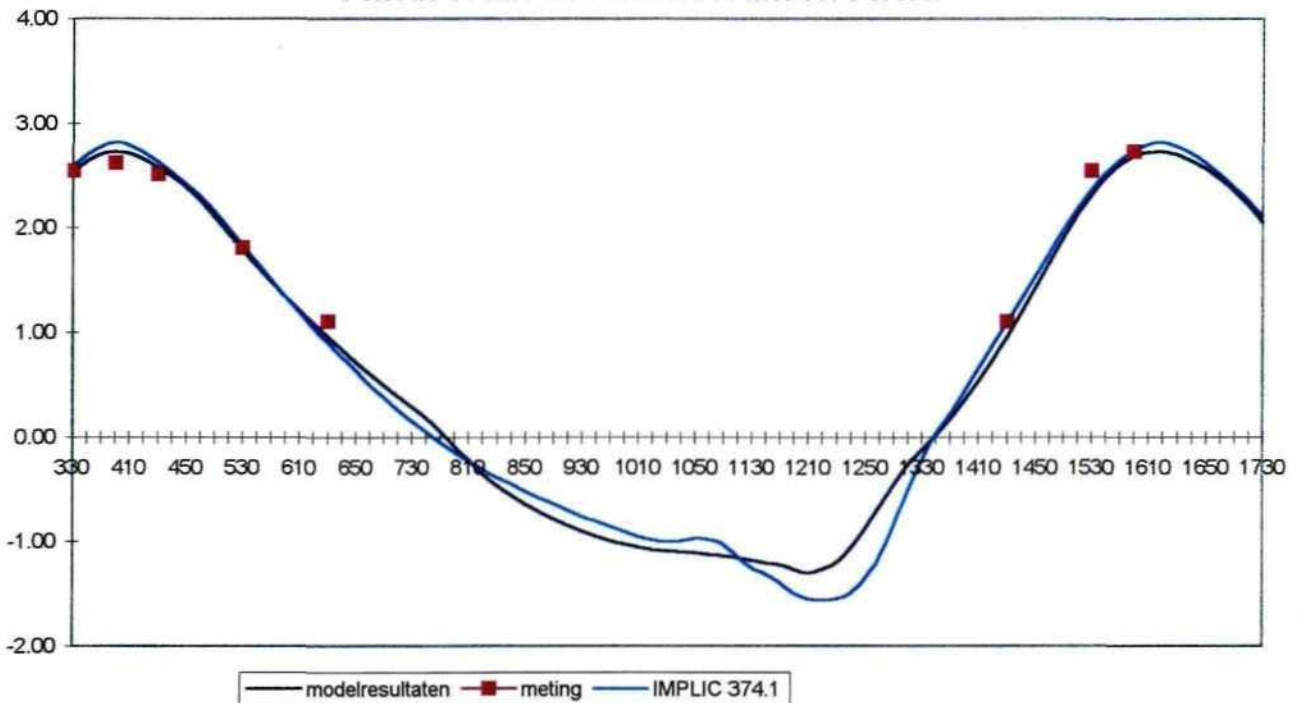
Z3105

2001

Waterstand P3 en P4, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



Waterstand P5, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.

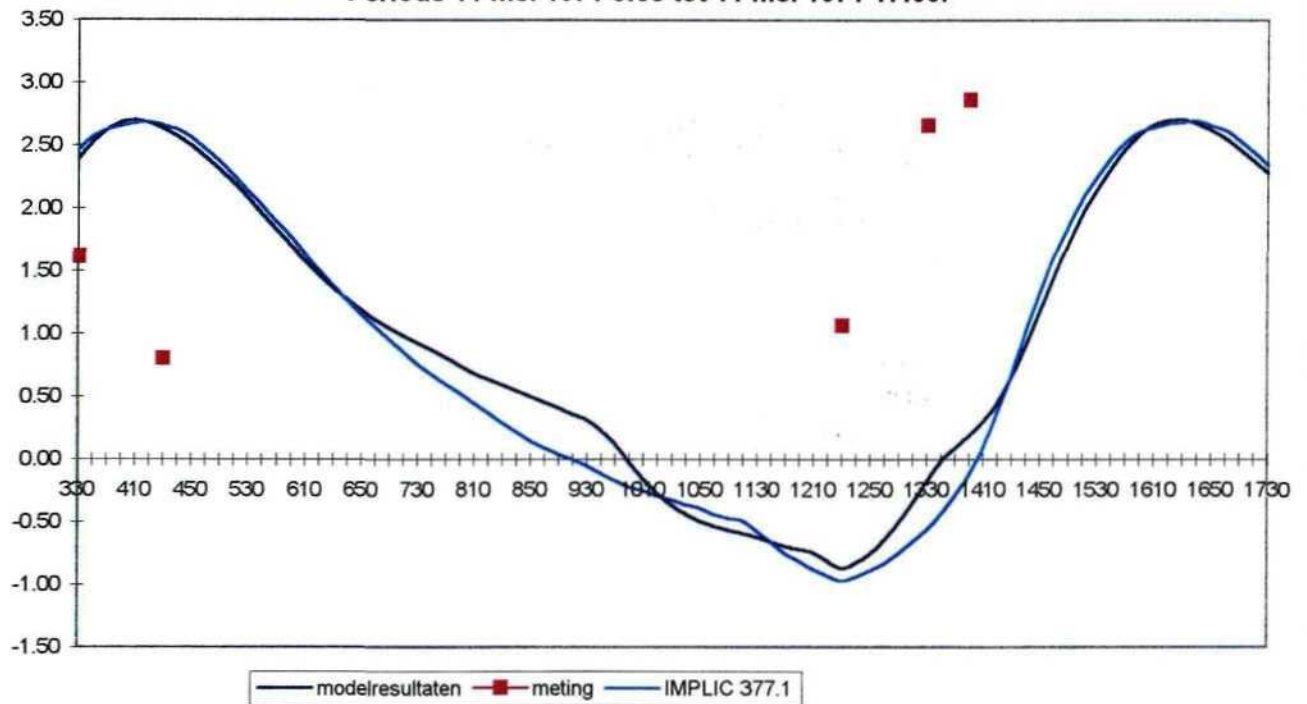


ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging  
Resultaten run I Verdrongen land van Saeftinge

Z3105

2001

Waterstand P6, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging

Resultaten run I Verdrongen land van Saeftinge

Z3105

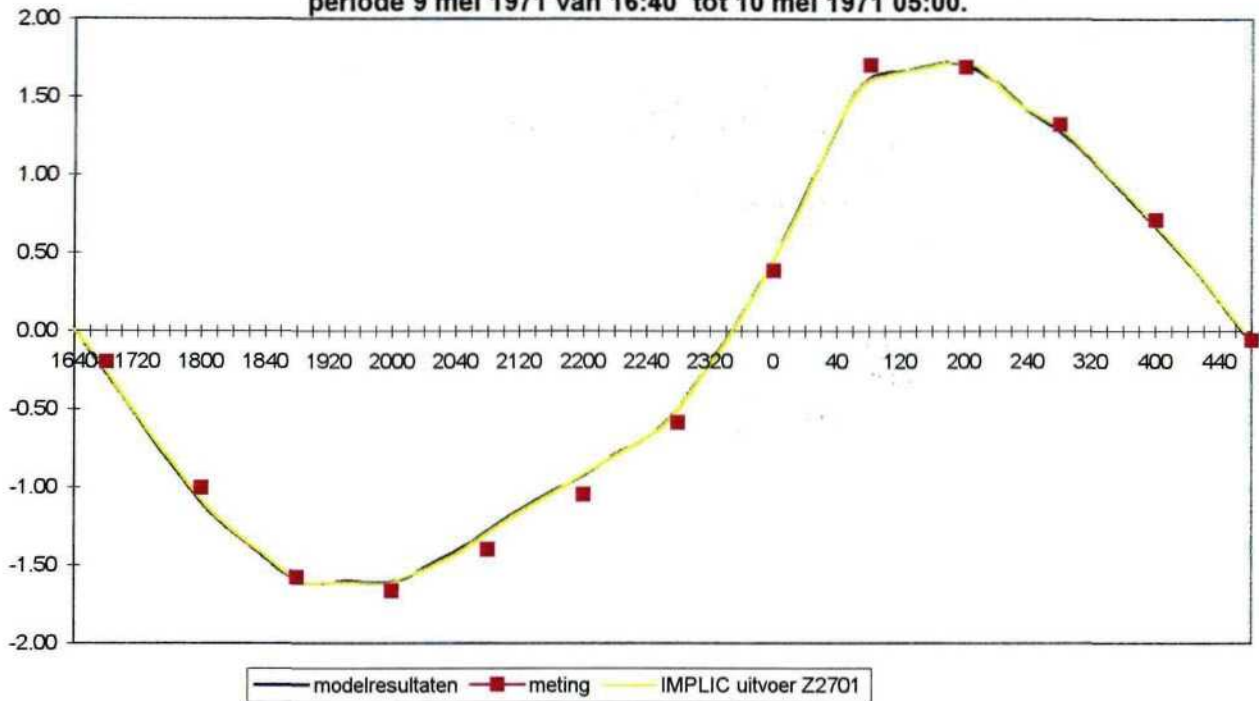
2001

WL | DELFT HYDRAULICS

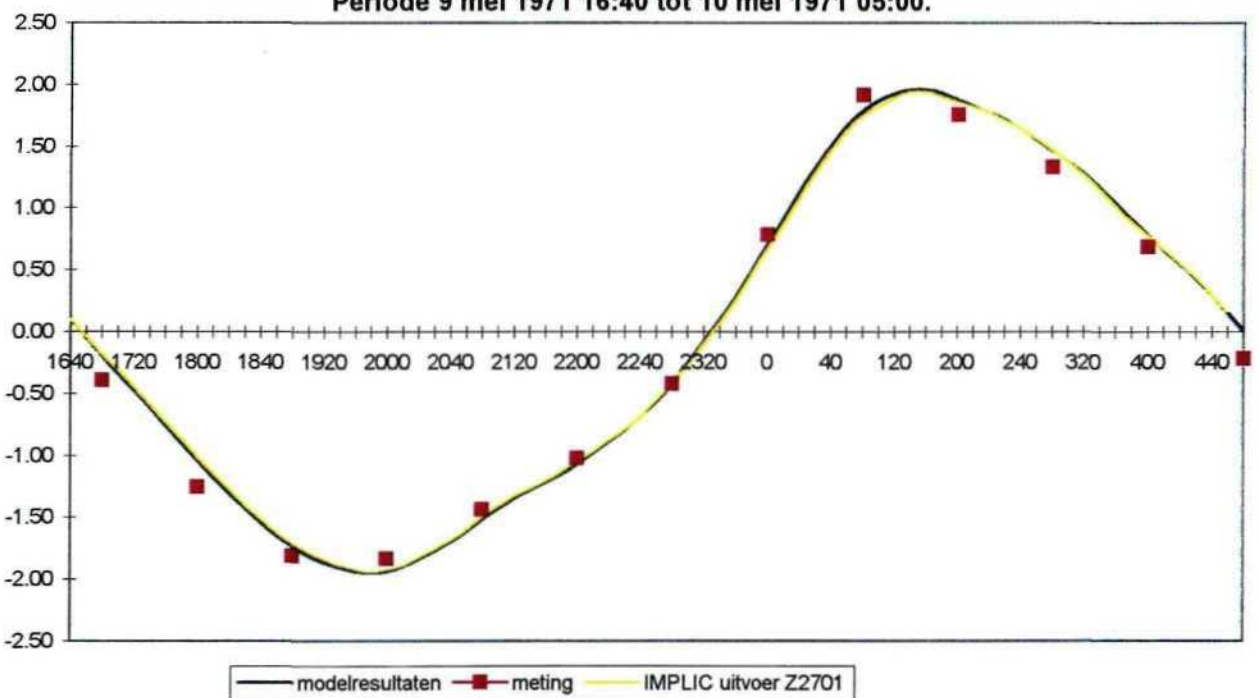
Fig. 3.3f



**Waterstand Westkapelle (monding), modelresultaat vs meting.  
periode 9 mei 1971 van 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Cadzand (monding), modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**

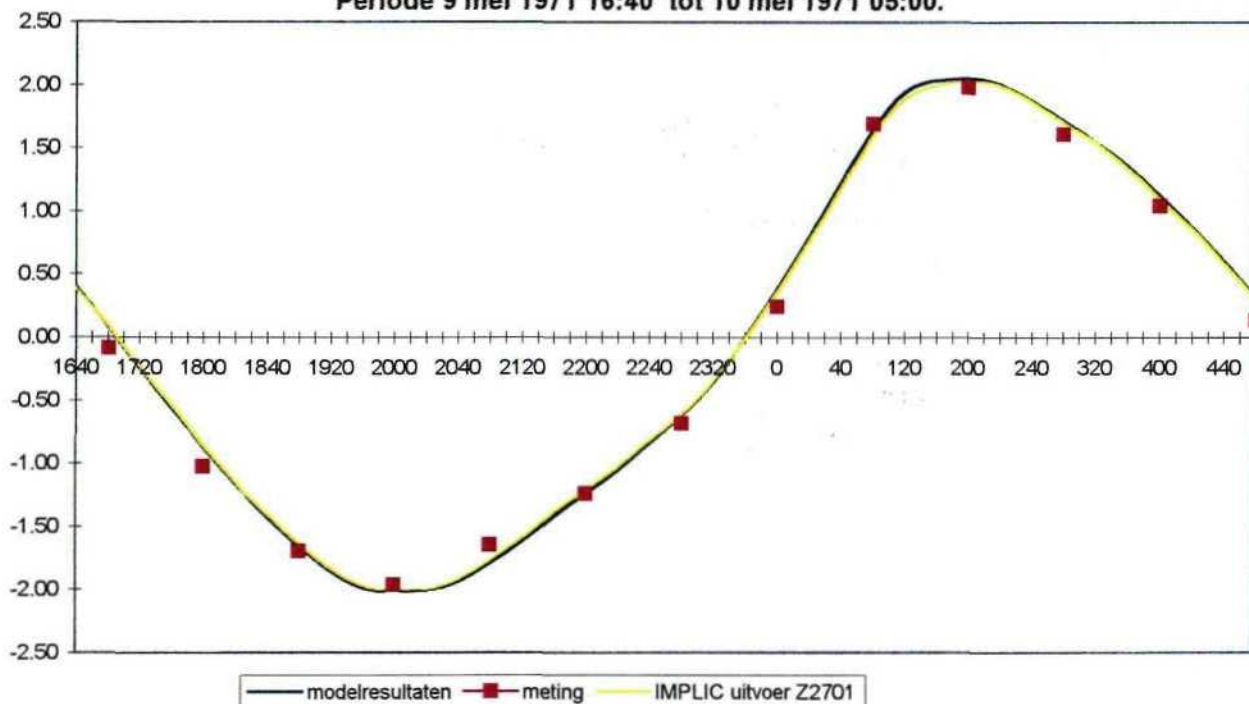


ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging  
Resultaten run 2 monding

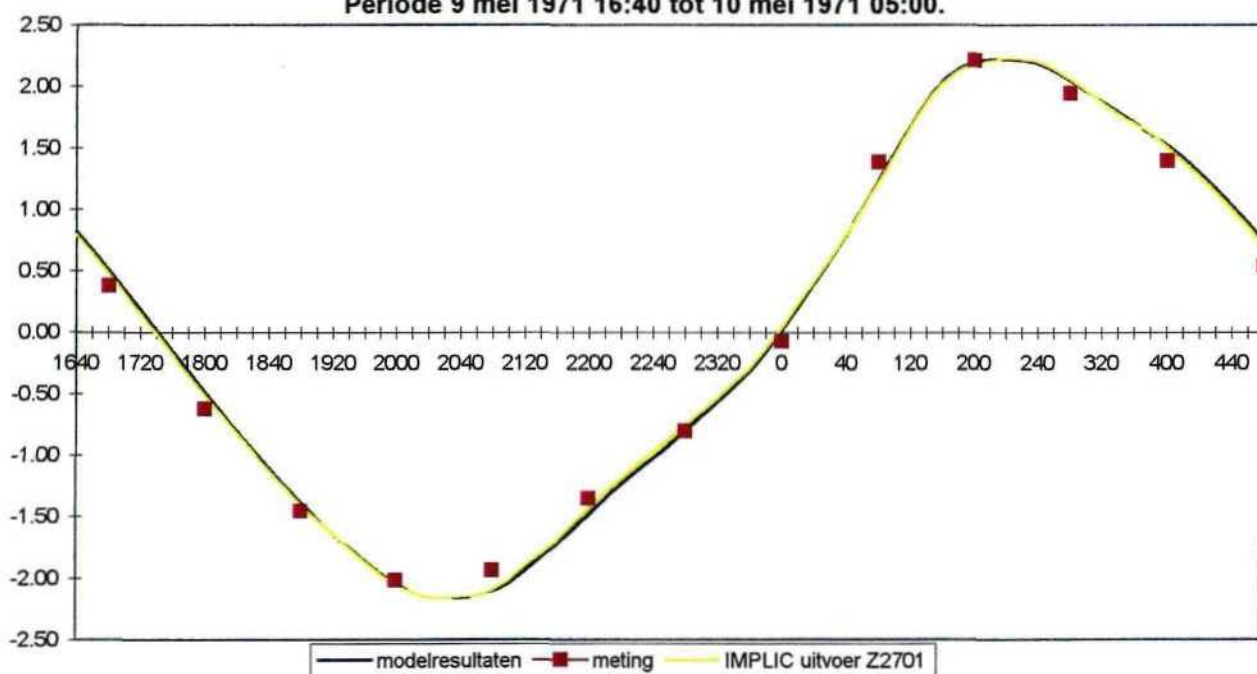
Z3105

2001

**Waterstand Vlissingen, modelresultaat vs meting.**  
**Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Terneuzen, modelresultaat vs meting.**  
**Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**

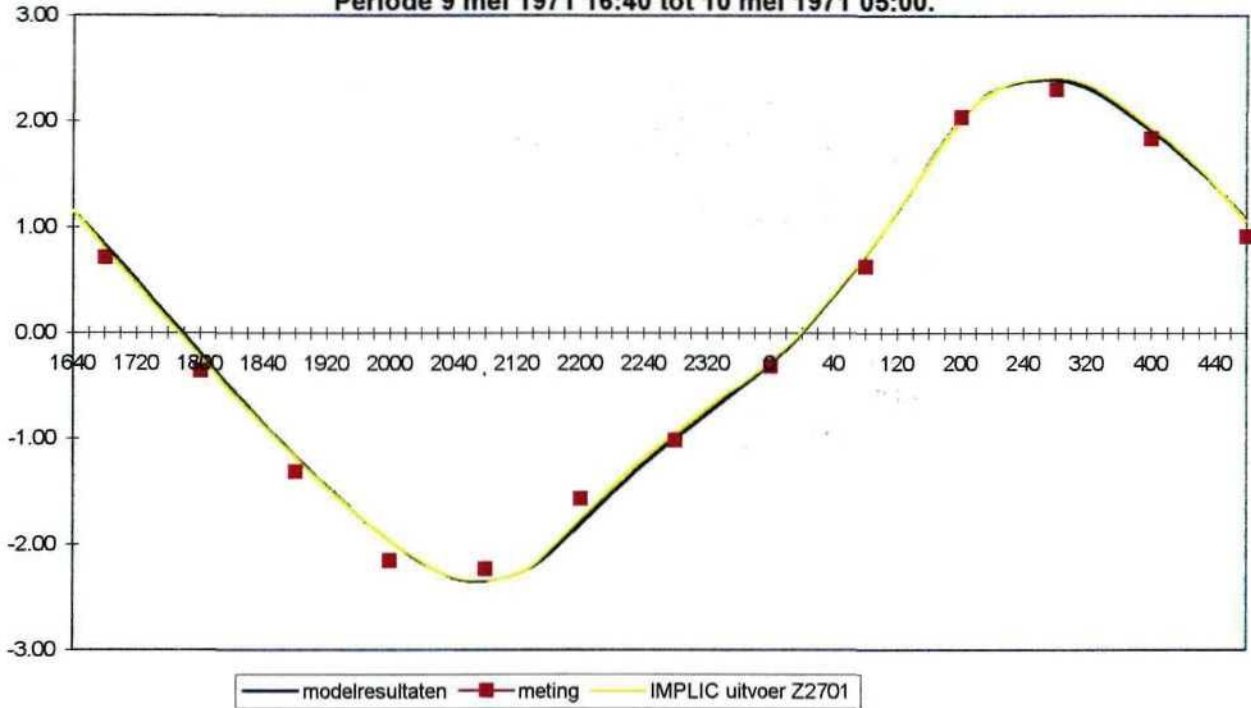


ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten run 2 estuarium/binnengebied

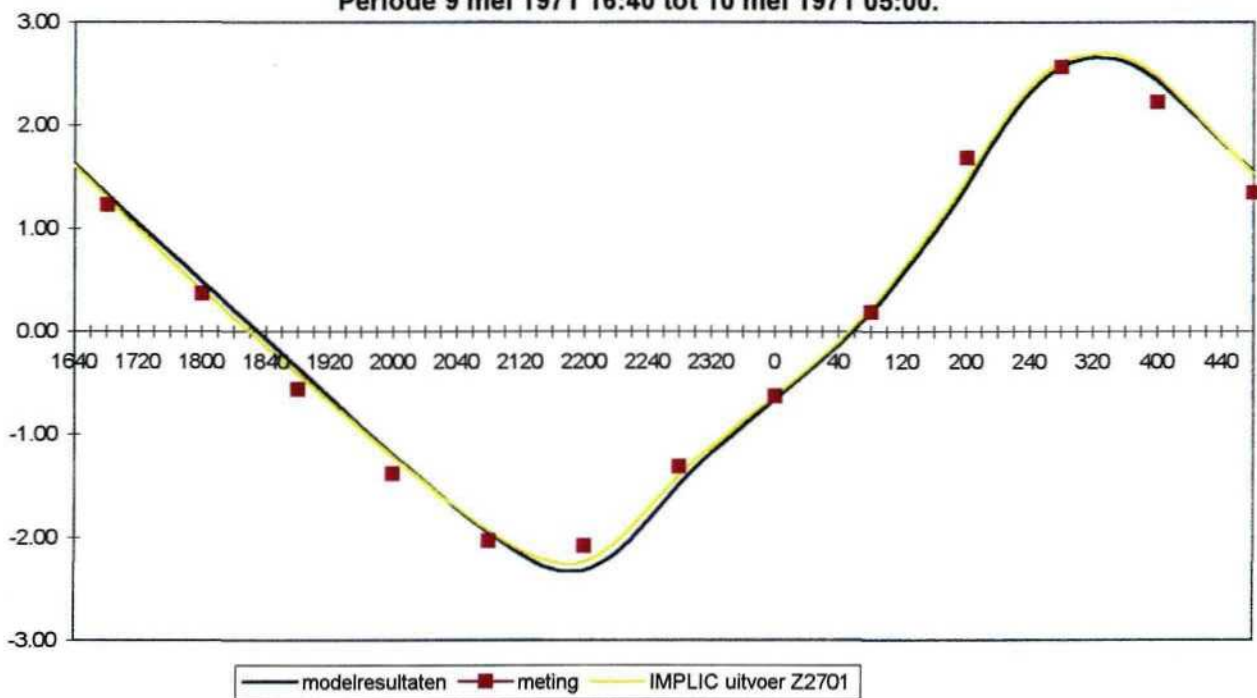
Z3105

2001

**Waterstand Hansweert, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



**Waterstand Bath, modelresultaat vs meting.  
Periode 9 mei 1971 16:40 tot 10 mei 1971 05:00.**



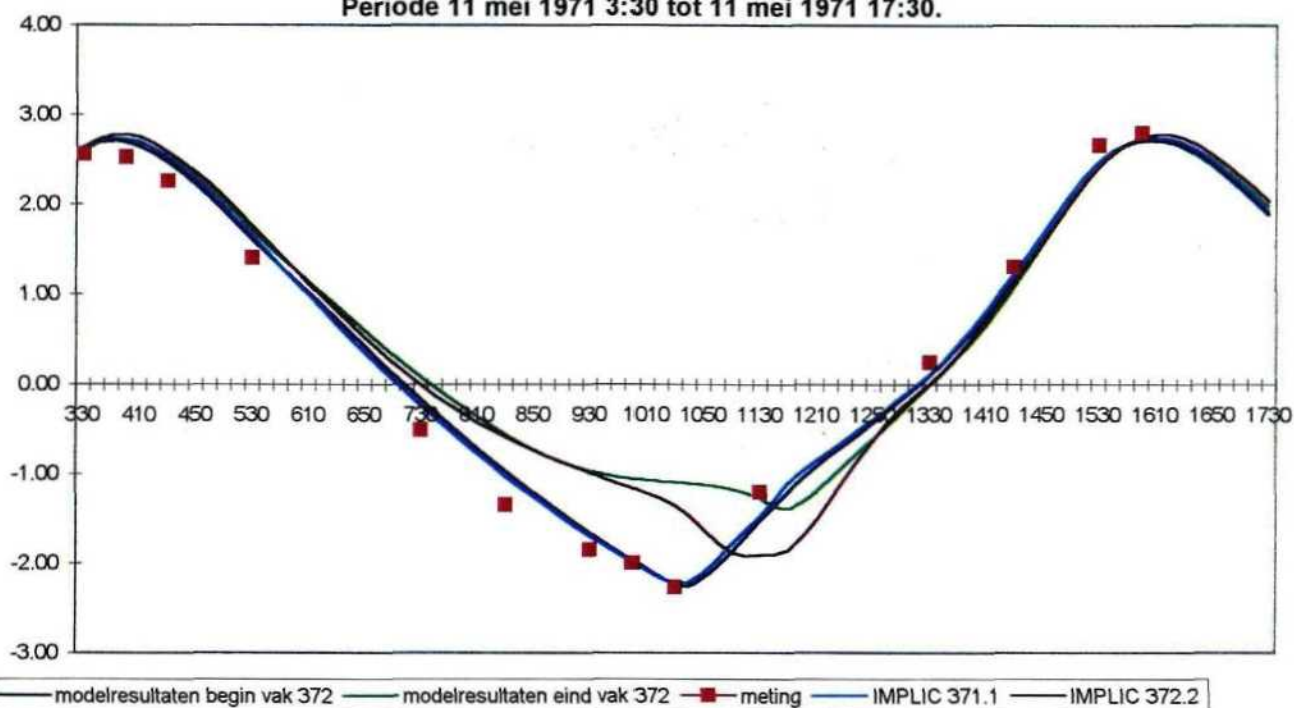
ESTMORF Westerschelde  
Calibratie waterbeweging  
Resultaten run 2 estuarium/binnengebied

Z3105

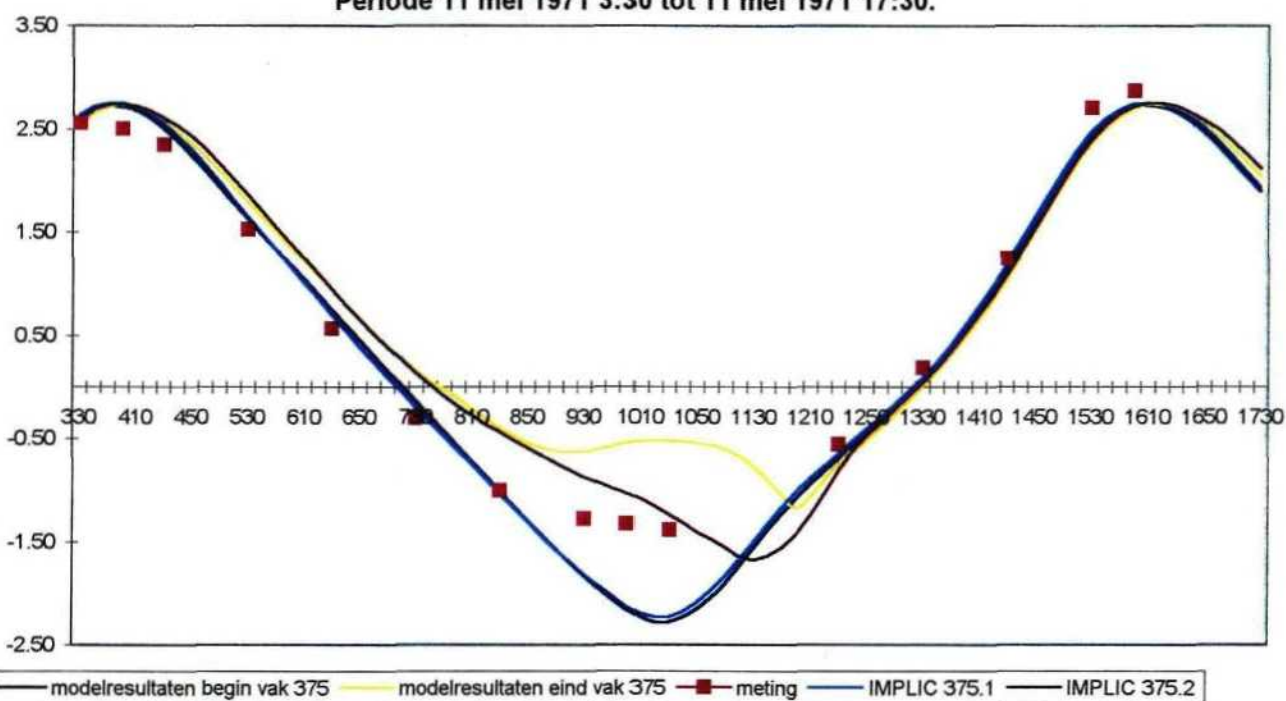
2001



Waterstand P1, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



Waterstand P2, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.

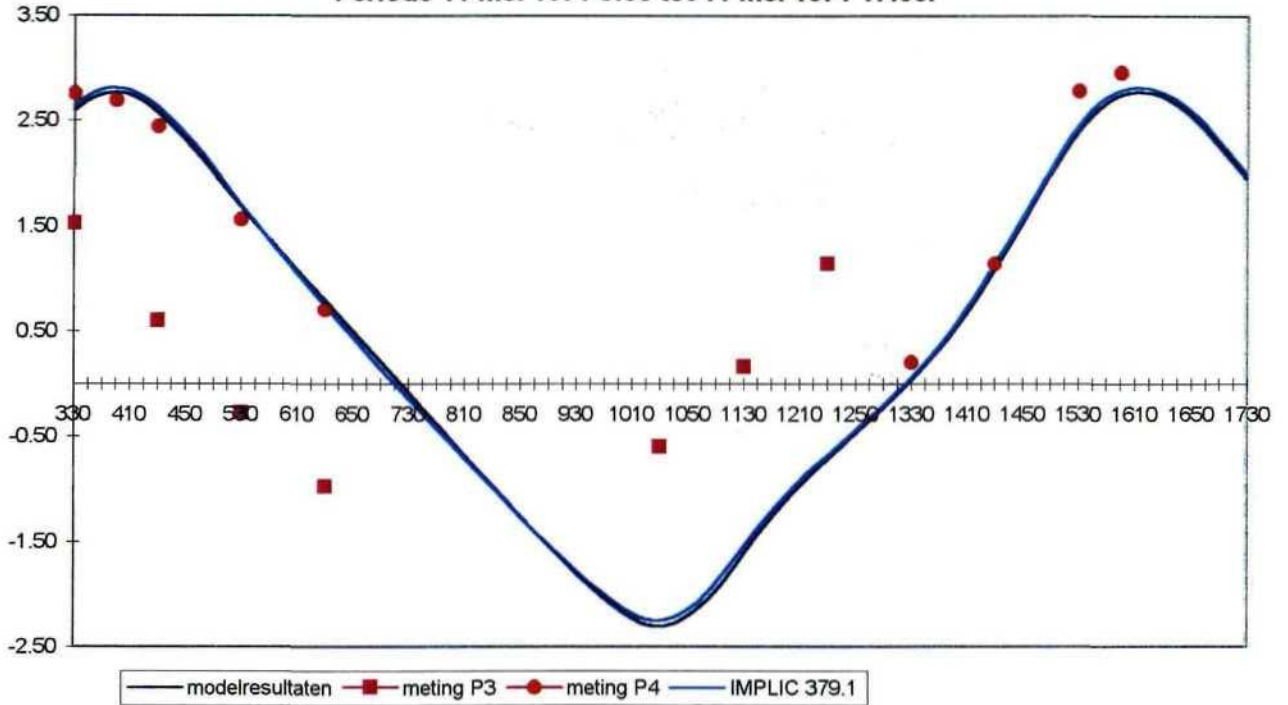


ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten run 2 Verdrongen land van Saeftinge

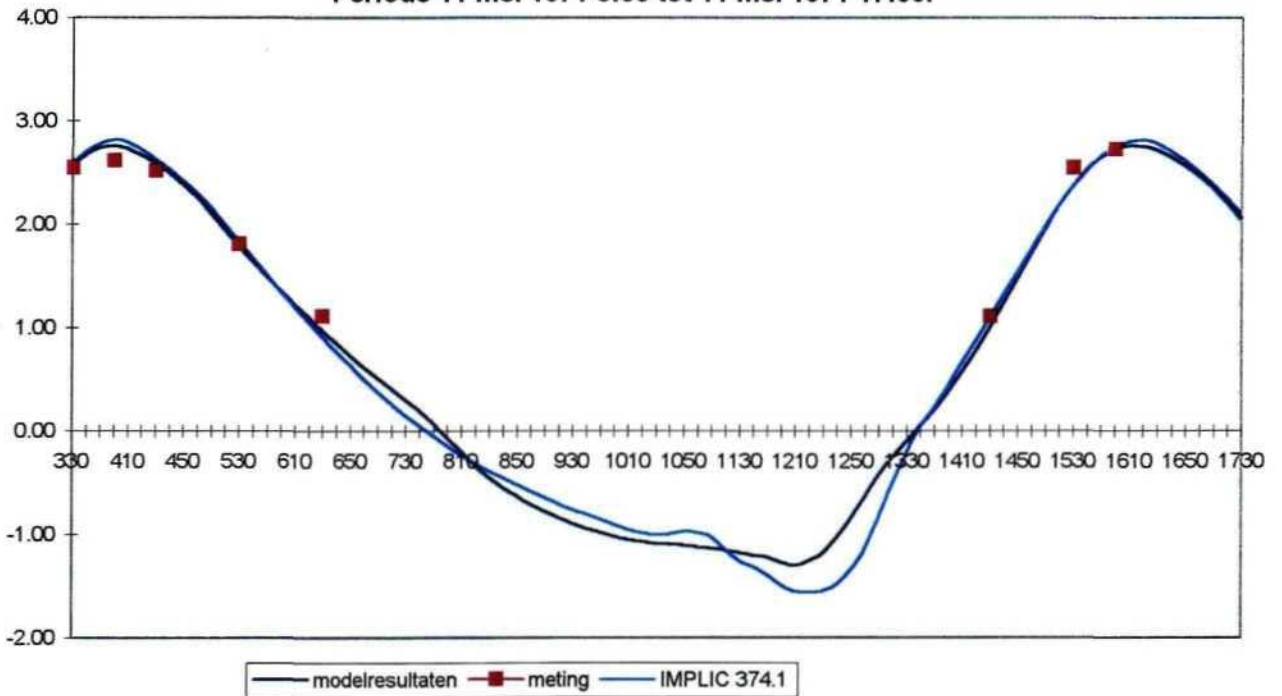
Z3105

2001

Waterstand P3 en P4, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.



Waterstand P5, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.

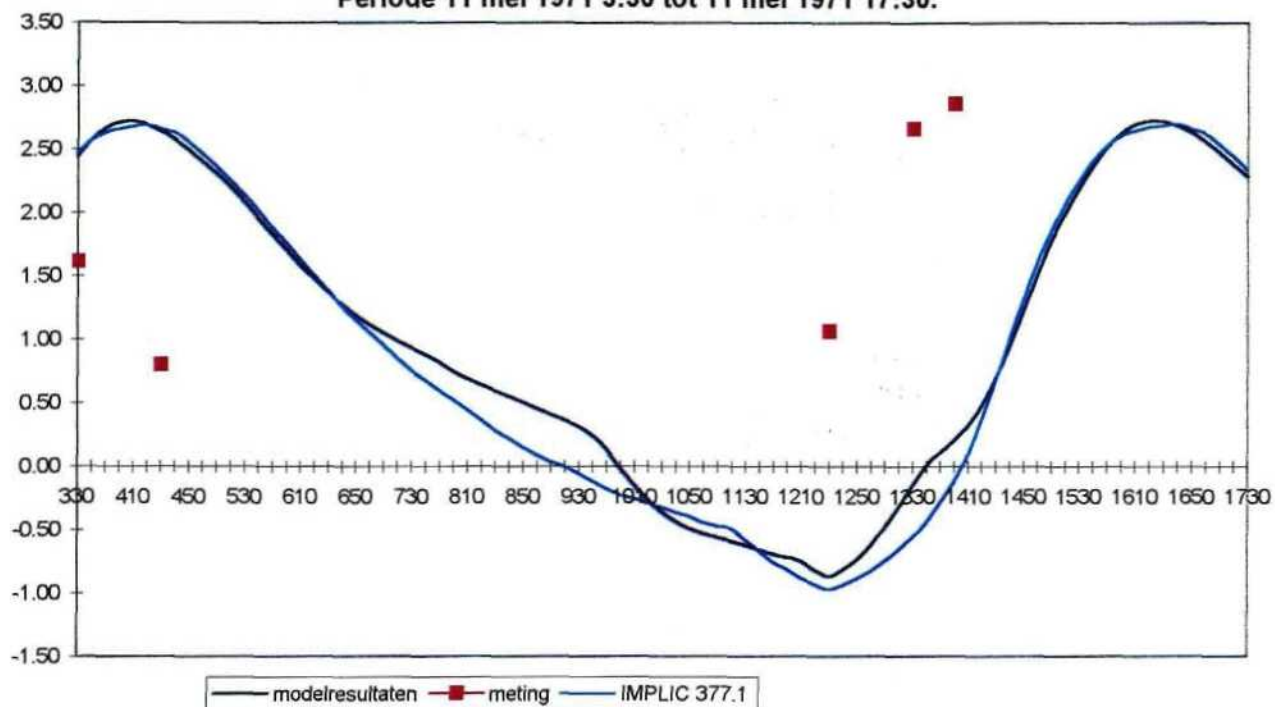


ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten run 2 Verdrongen land van Saeftinge

Z3105

2001

Waterstand P6, Land van Saeftinge, modelresultaat vs meting.  
 Periode 11 mei 1971 3:30 tot 11 mei 1971 17:30.

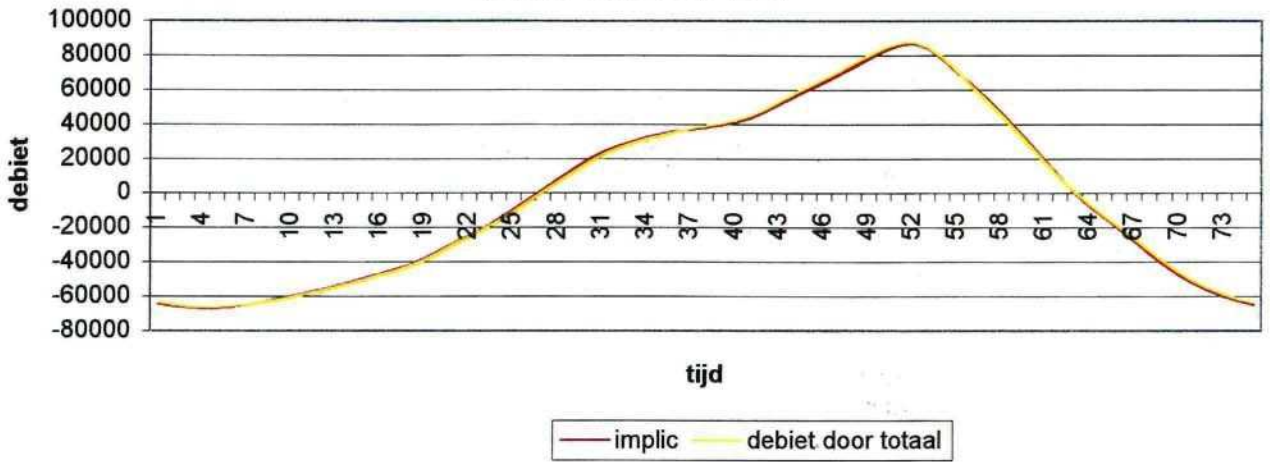


ESTMORF Westerschelde  
 Calibratie waterbeweging  
 Resultaten run 2 Verdronken land van Saeftinge

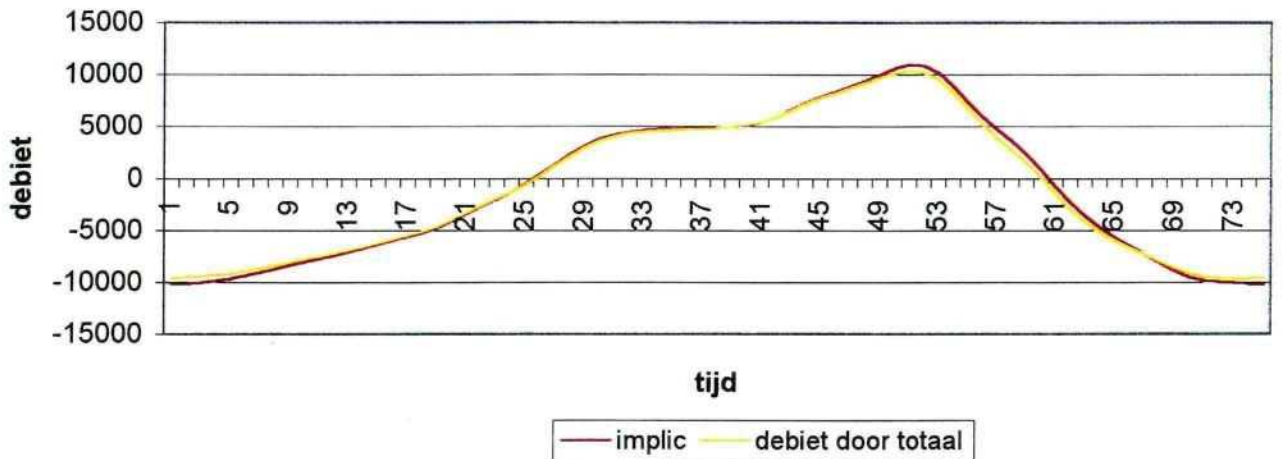
Z3105

2001

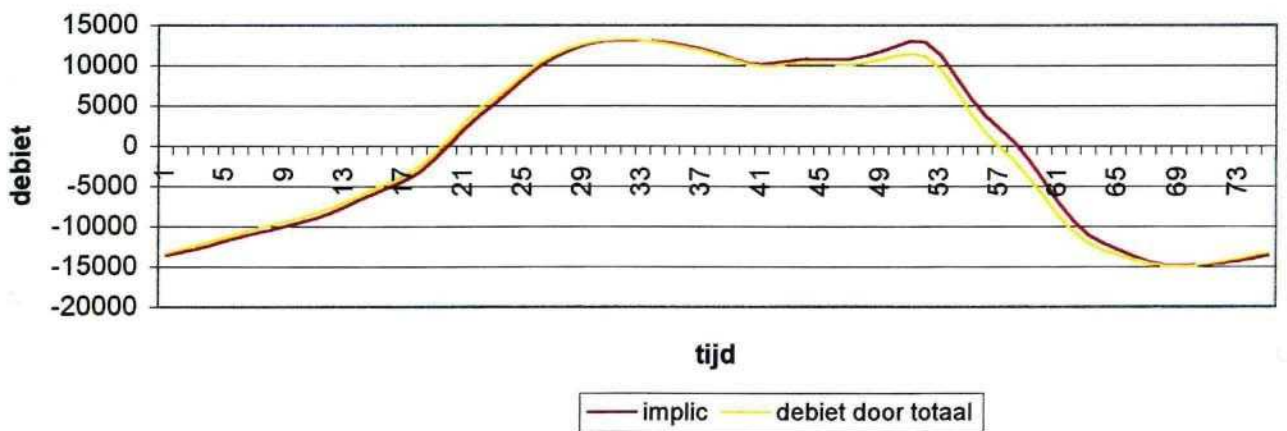
Debiet door raai 10-n



Debiet door raai 10-z



Debiet door raai 11-n



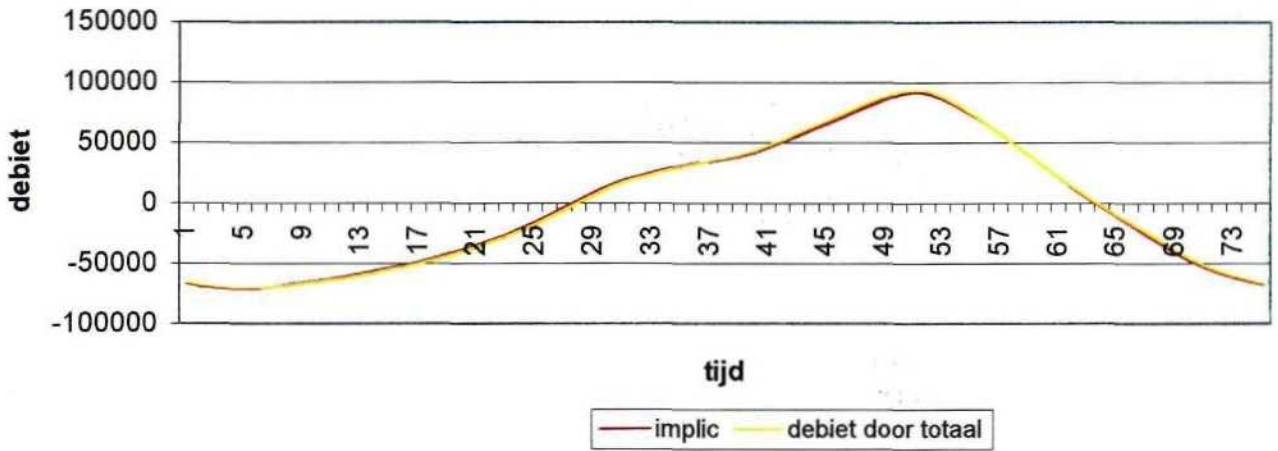
ESTMORF Westerschelde  
Verificatie waterbeweging  
Debietraaien 10-n, 10-z en 11-n

Z3105

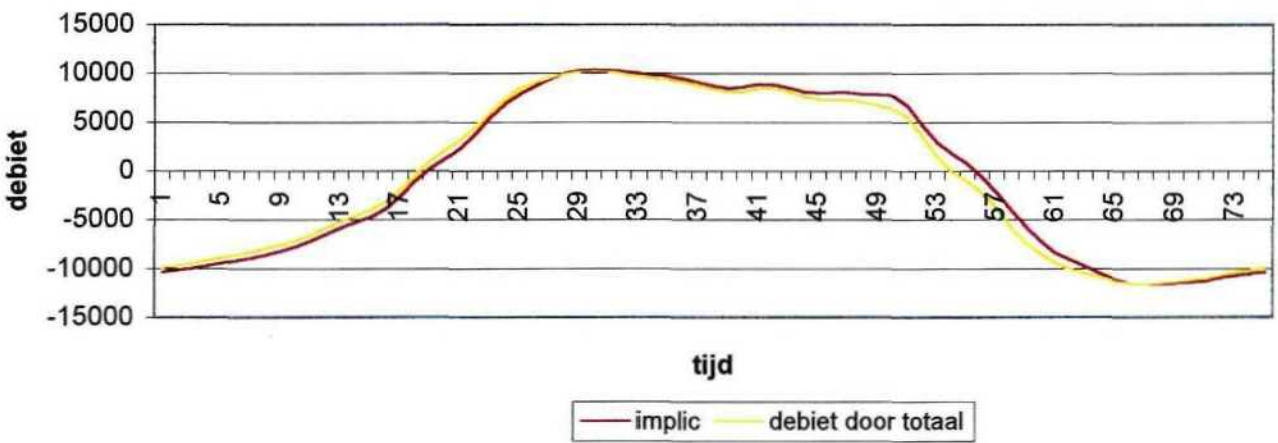
2001



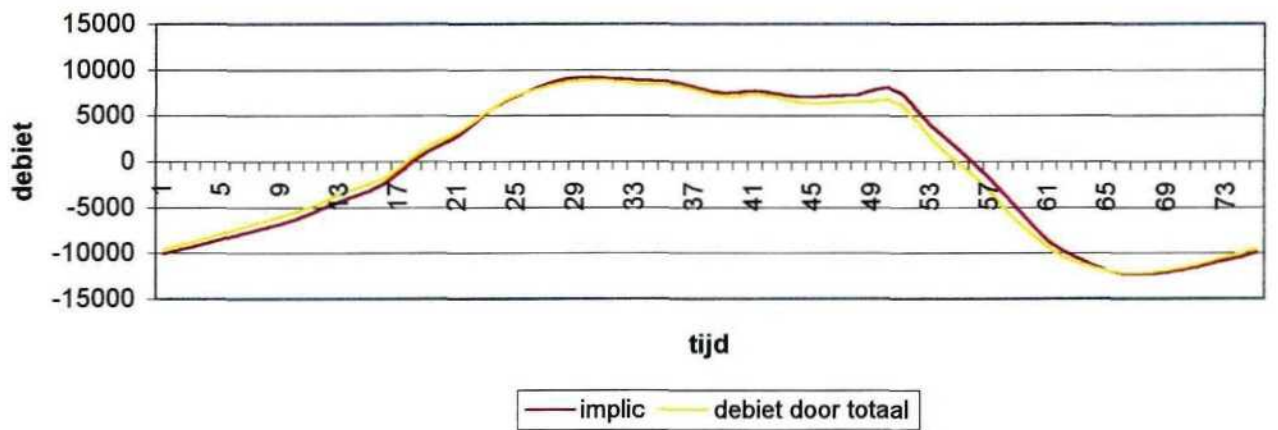
Debiet door raai 11-z



Debiet door raai 12 oostgat



Debiet door raai 12 Deurloo

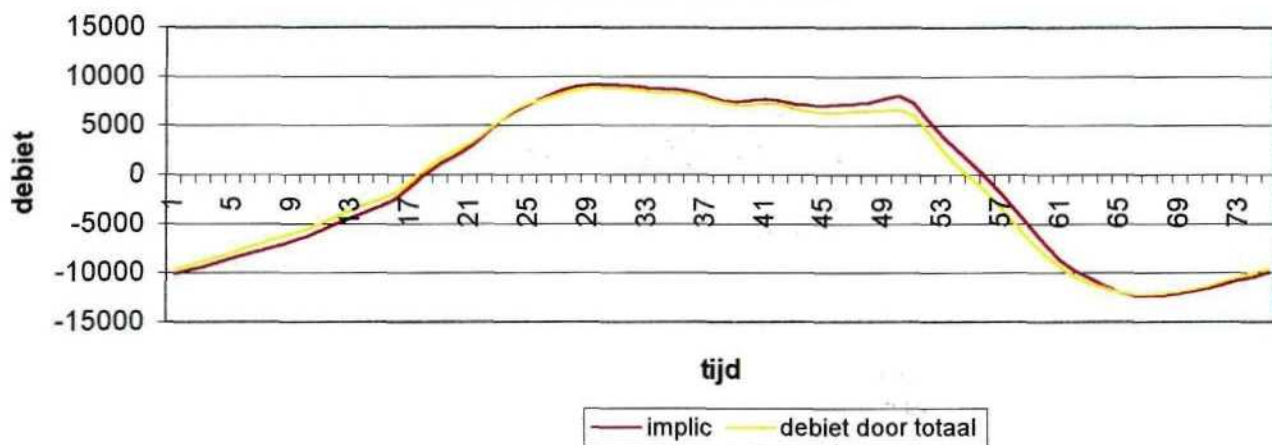


ESTMORF Westerschelde  
Verificatie waterbeweging  
Debietraaien 11-z, 12 oostgat en 12 deurloo

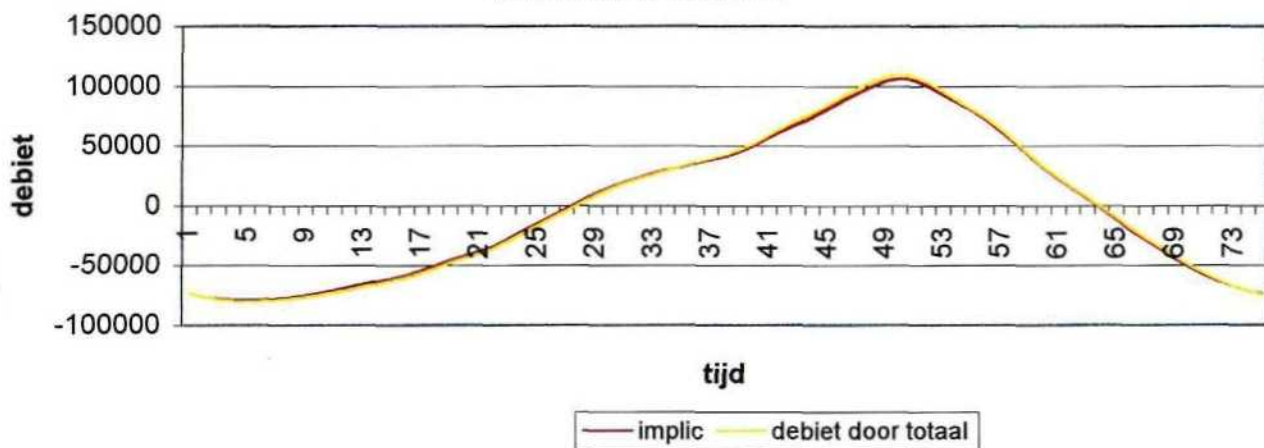
Z3105

2001

Debiet door raai 12 Deurloo



Debiet door raai 12-z

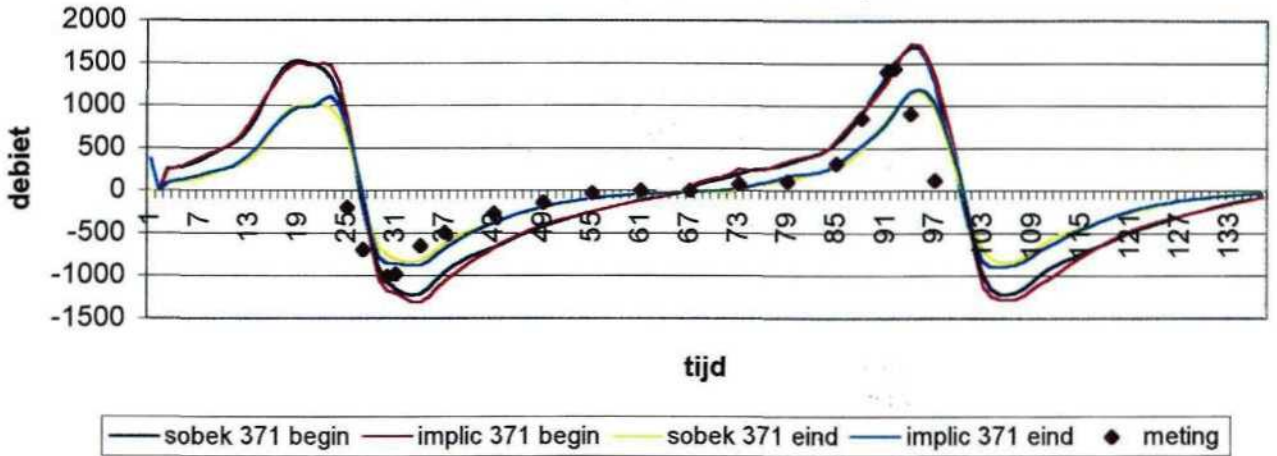


ESTMORF Westerschelde  
 Verificatie waterbeweging  
 Debietraaien 12 deurloo en 12-z

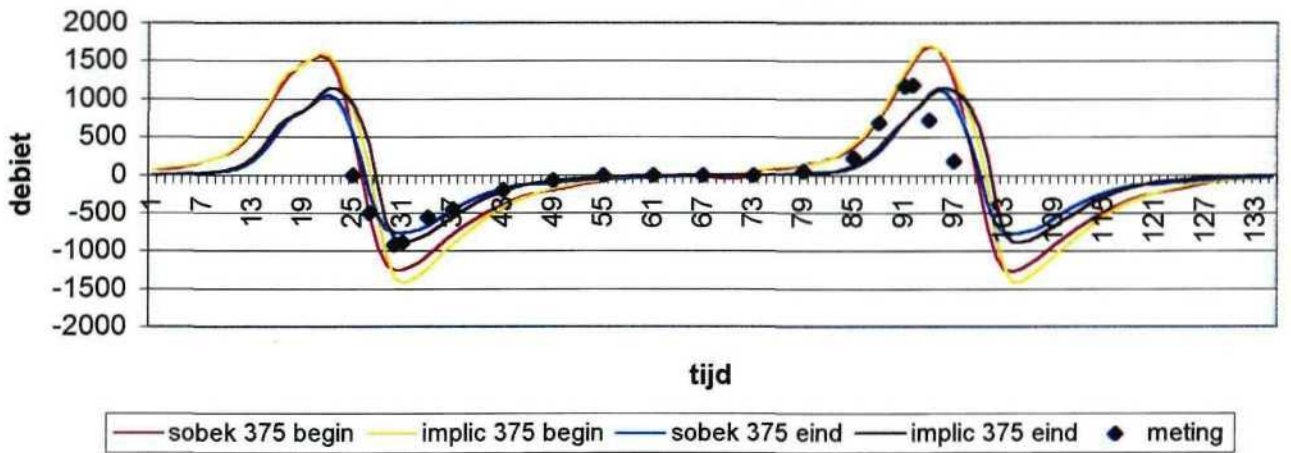
Z3105

2001

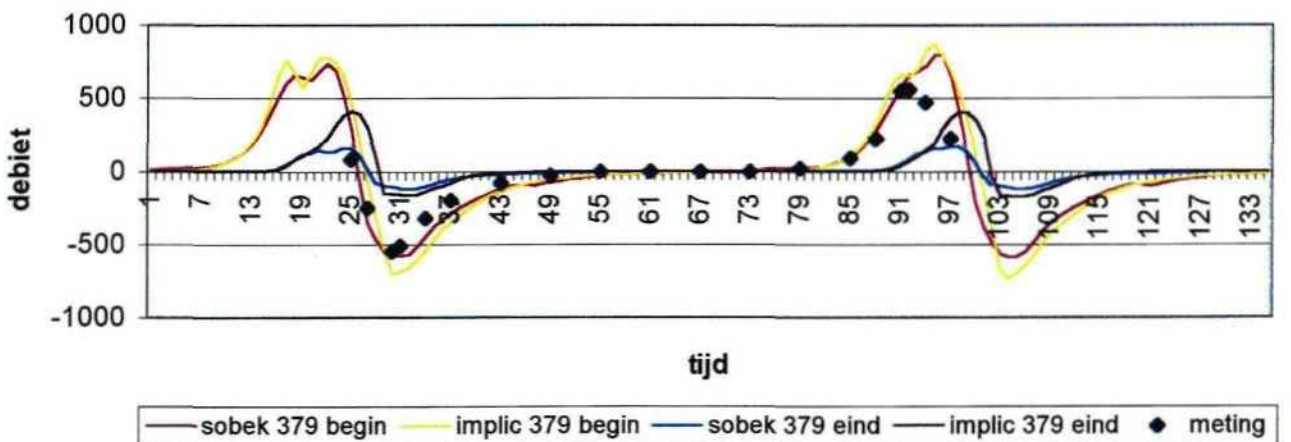
**Debietraai 1 meting vs sobek vs implic**



**Debietraai 2 vs sobek vs implic**



**Debietraai 3 meting vs sobek vs implic**



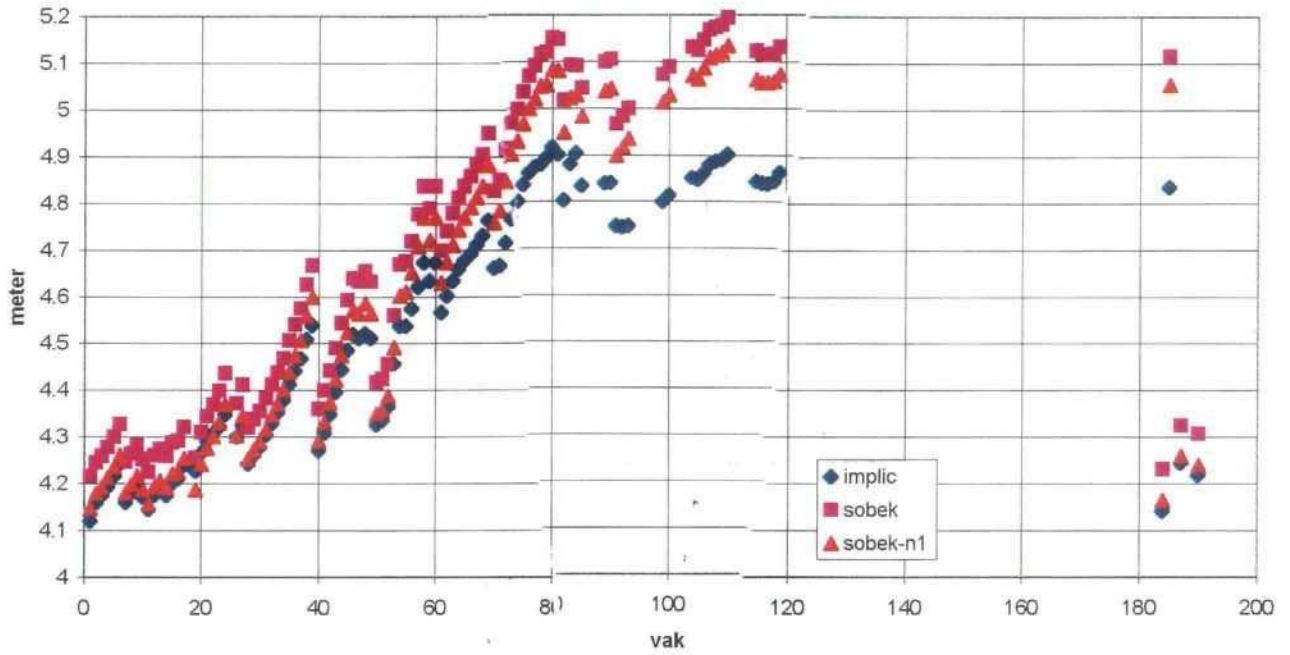
ESTMORF Westerschelde  
 Verificatie waterbeweging  
 Debietraaien 1, 2 en 3 Verdrongen land van Saeftinge

Z3105

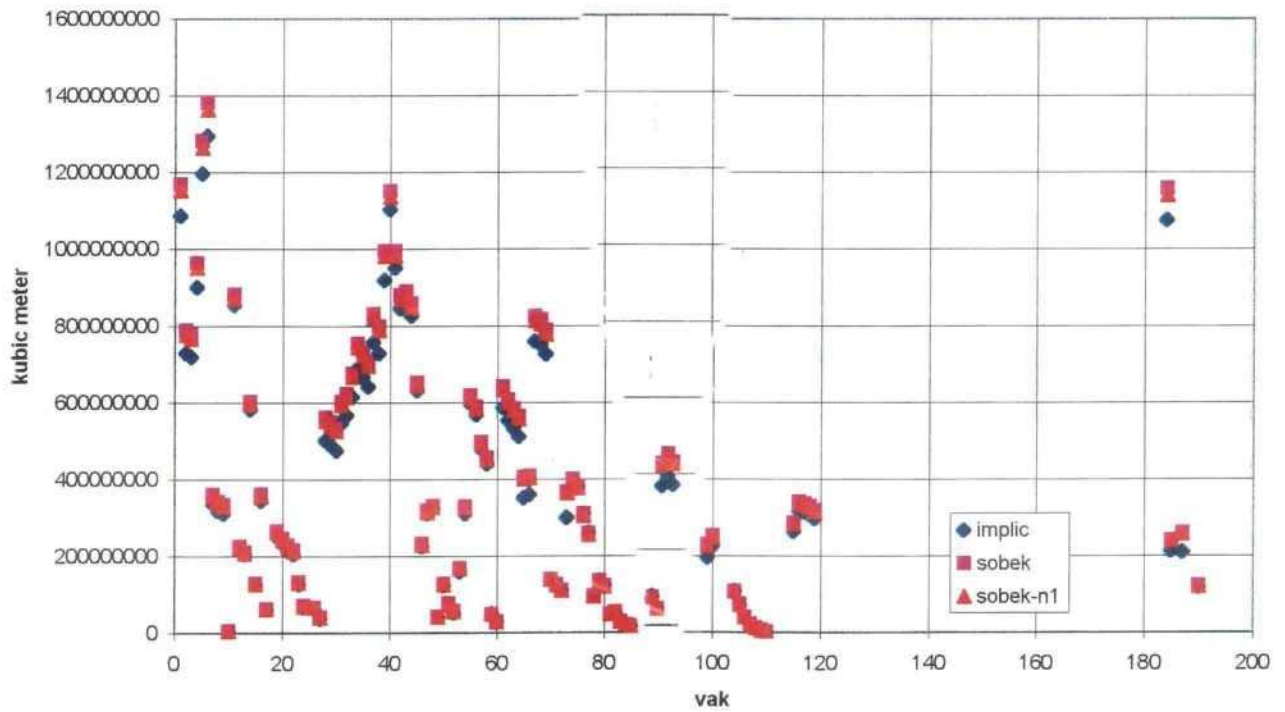
2001



getijverschil



getijvolume



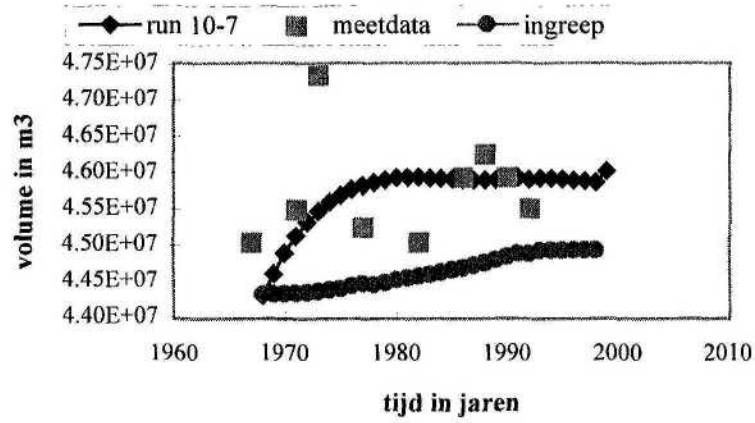
ESTMORF Westerschelde

Vergelijk getijverschil en getijvolume tussen SOBEK en IMPLIC

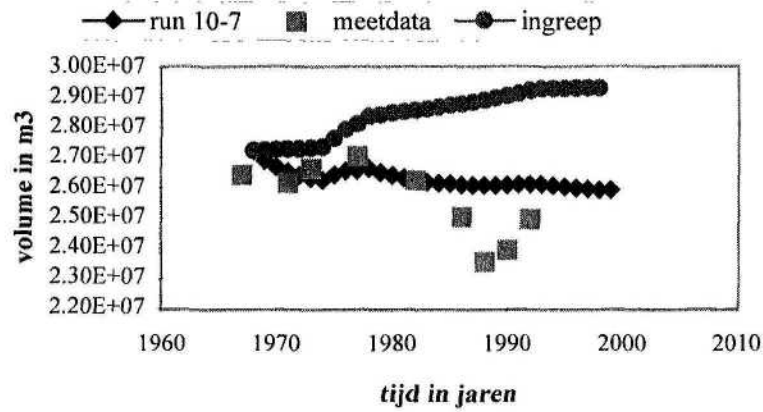
Z3105

2001

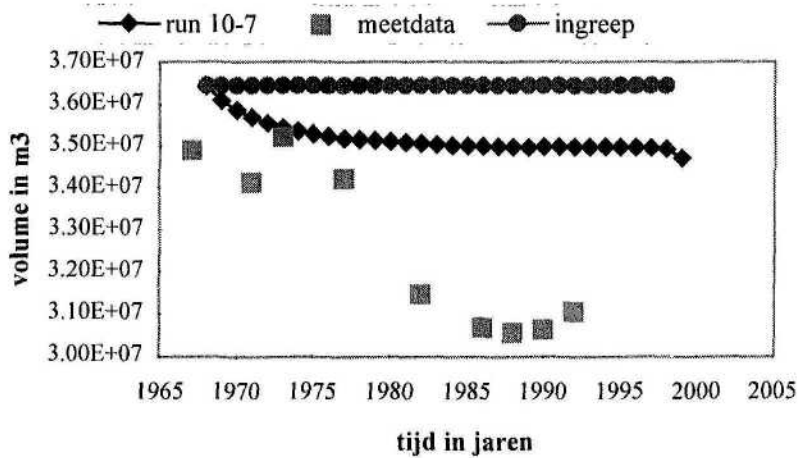
Geulvolume vak 1

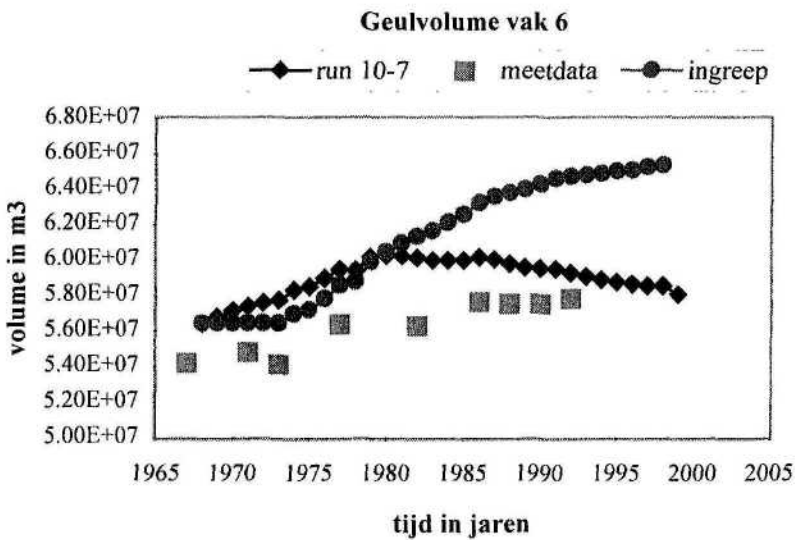
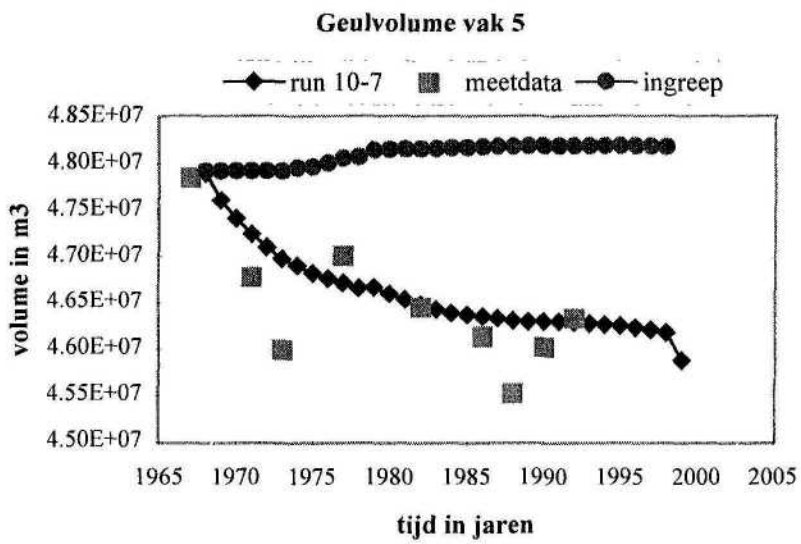
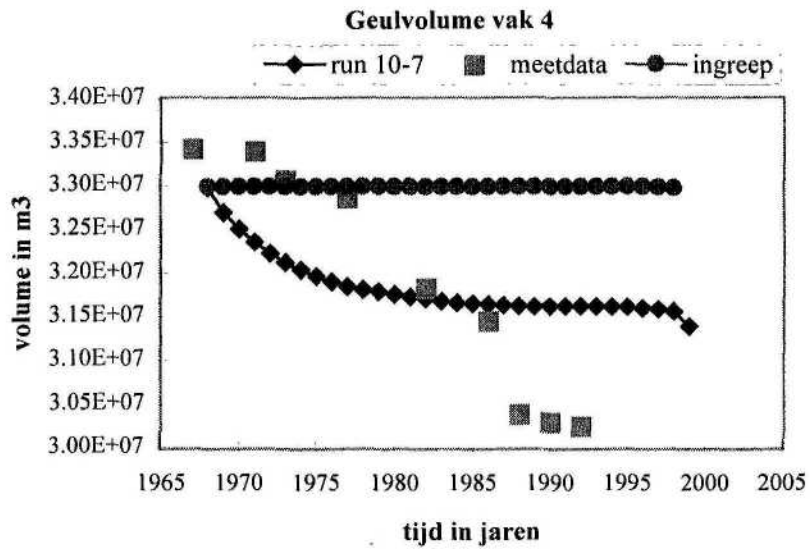


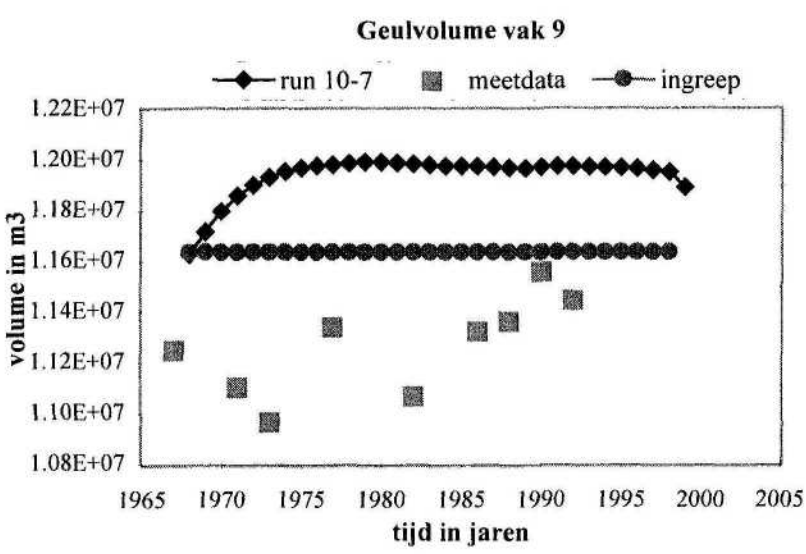
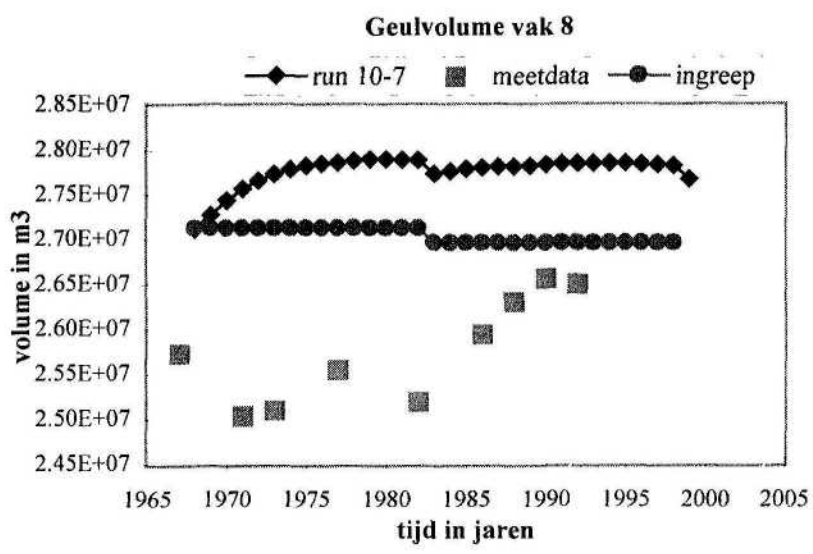
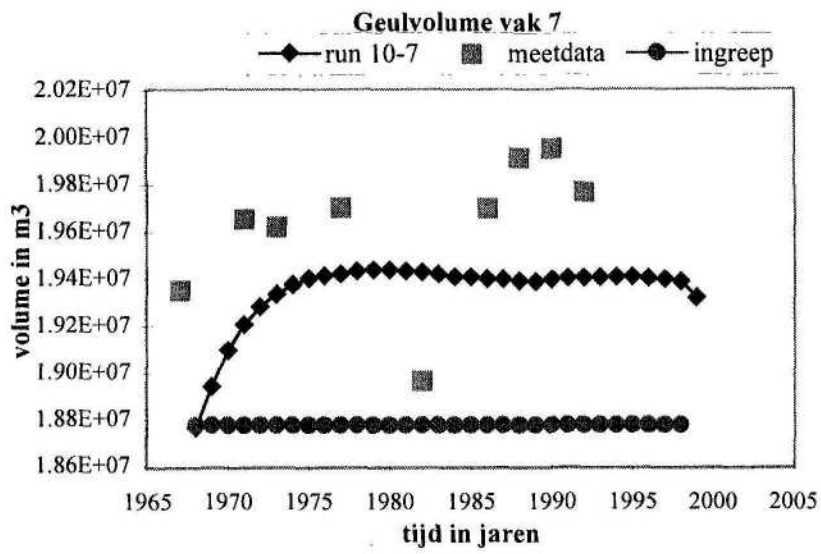
Geulvolume vak 2



Geulvolume vak 3

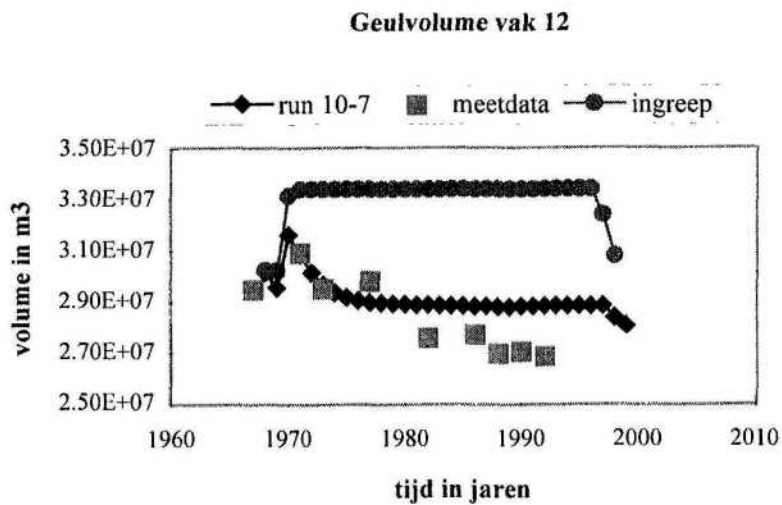
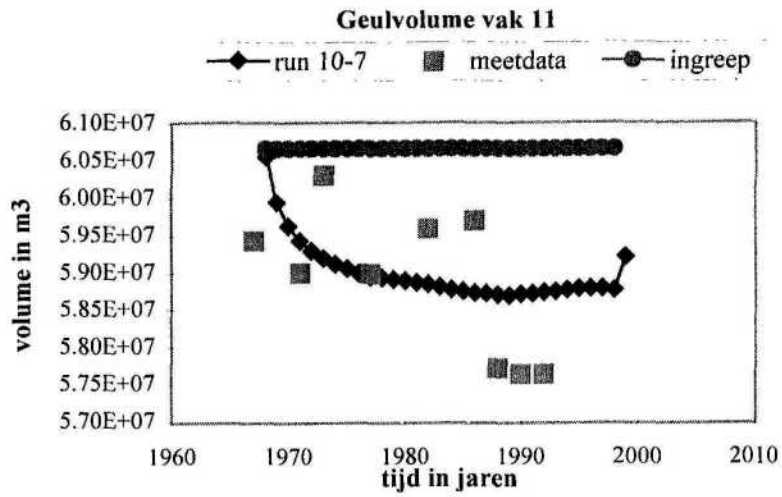
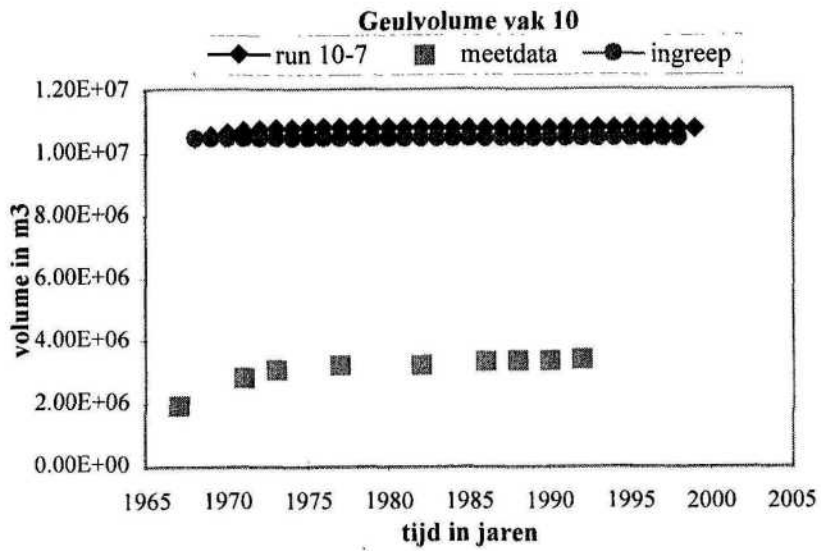






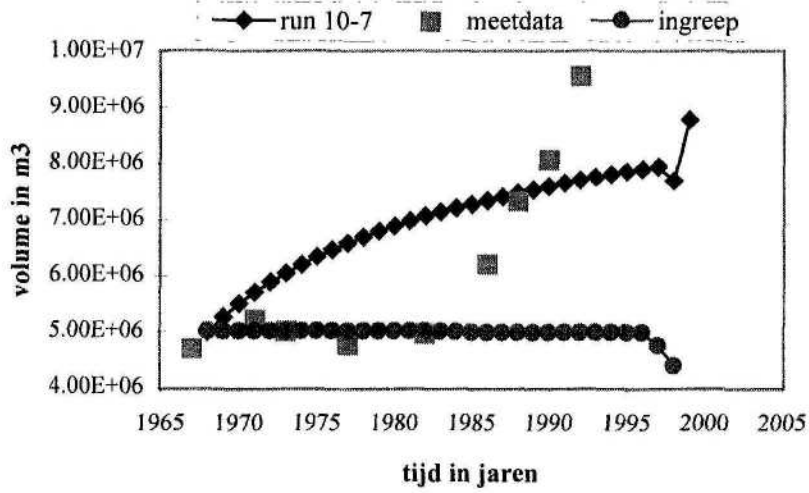
ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

Z3105

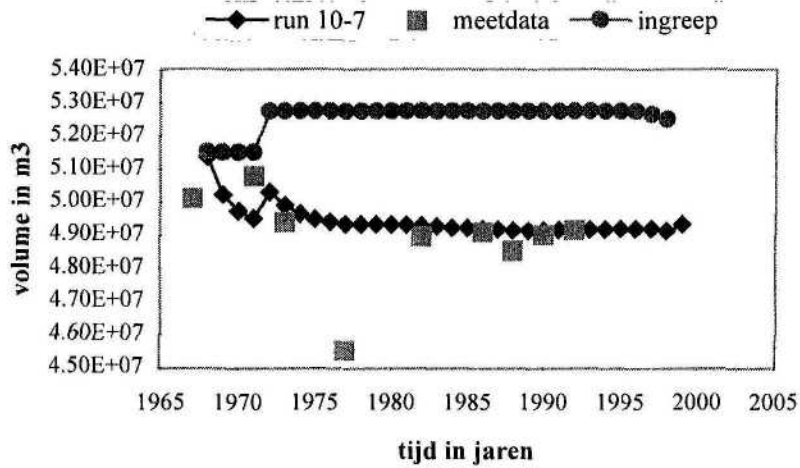




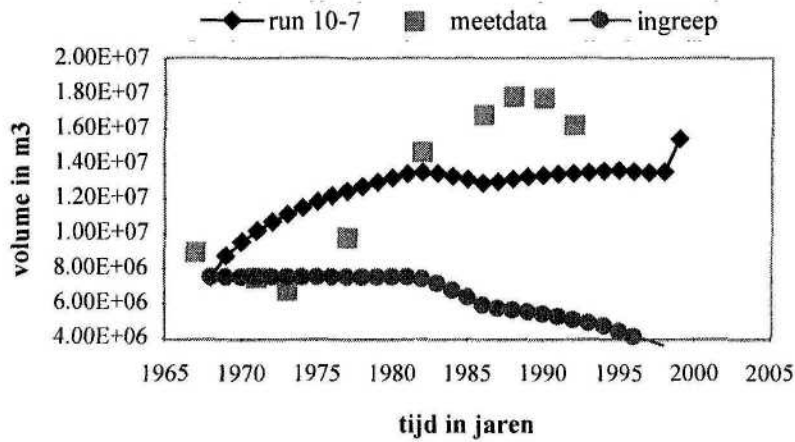
Geulvolume vak 13



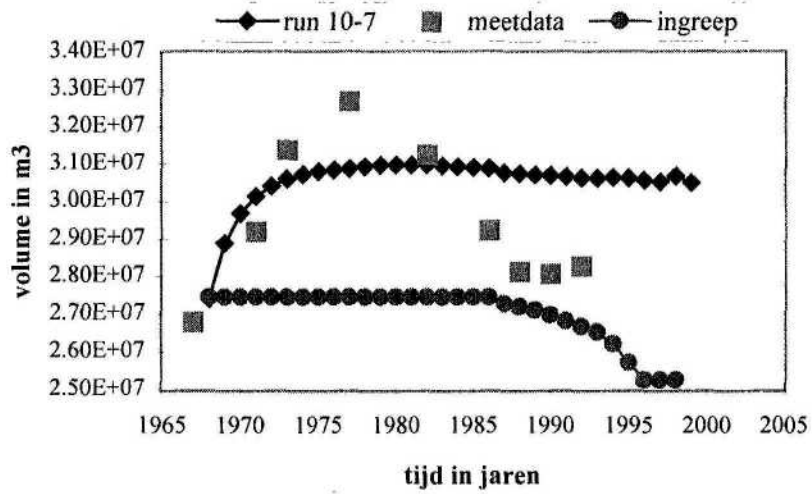
Geulvolume vak 14



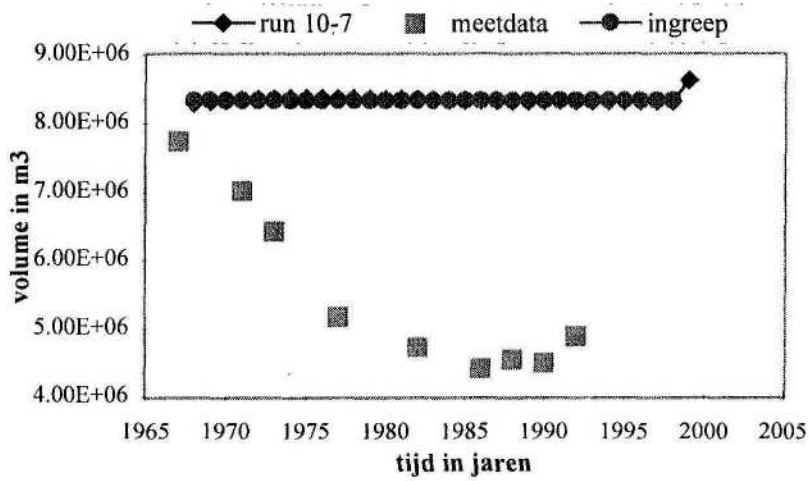
Geulvolume vak 15



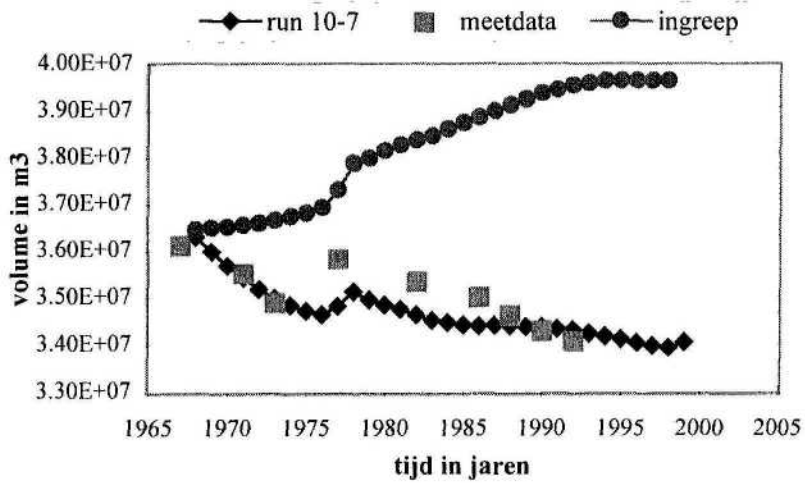
Geulvolume vak 16



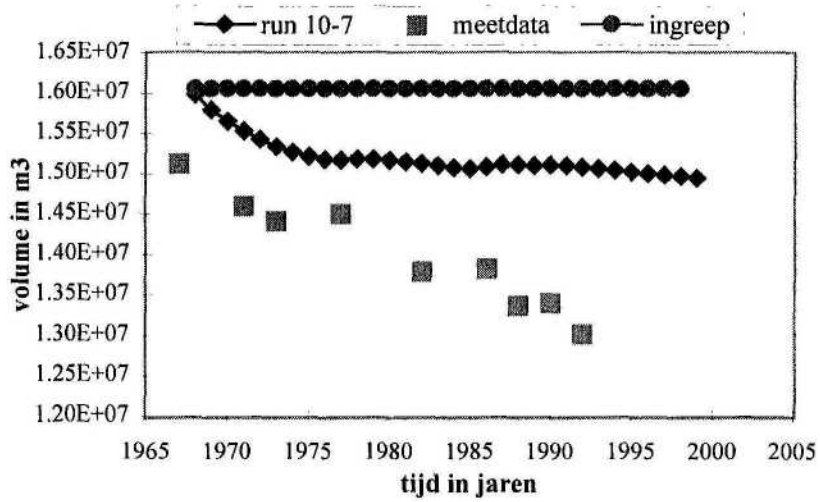
Geulvolume vak 17



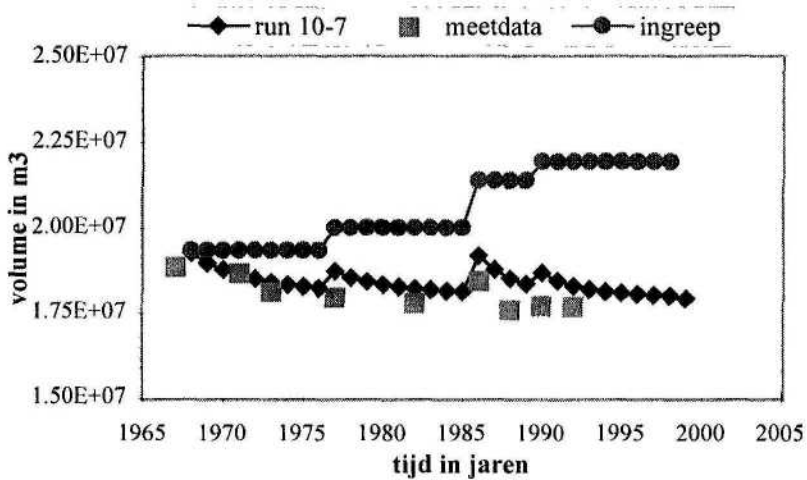
Geulvolume vak 19



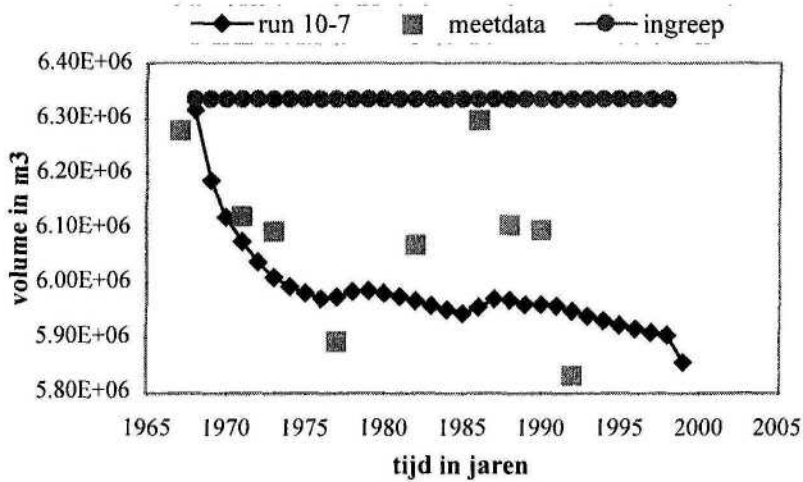
Geulvolume vak 20



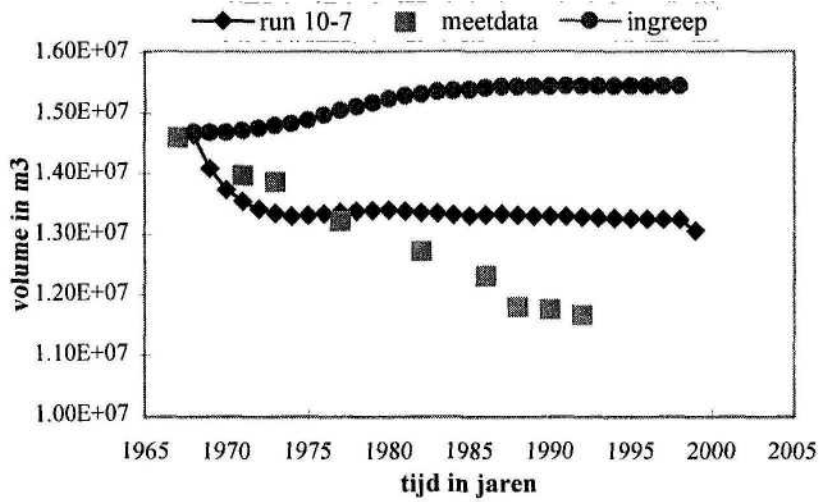
Geulvolume vak 21



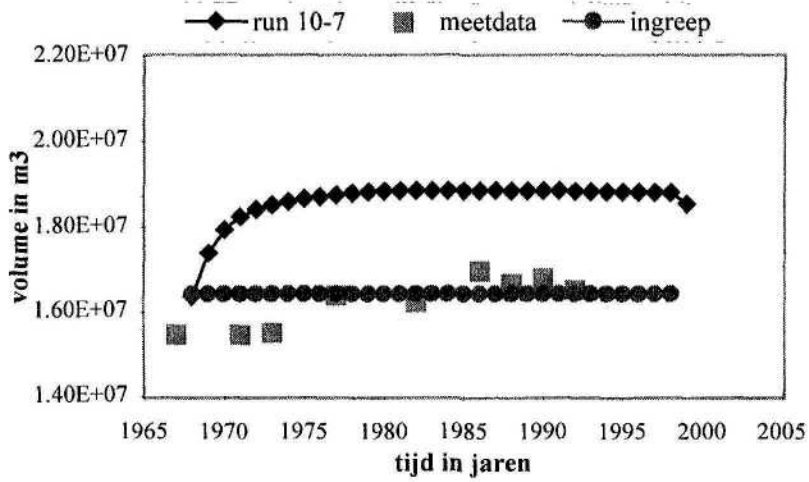
Geulvolume vak 22



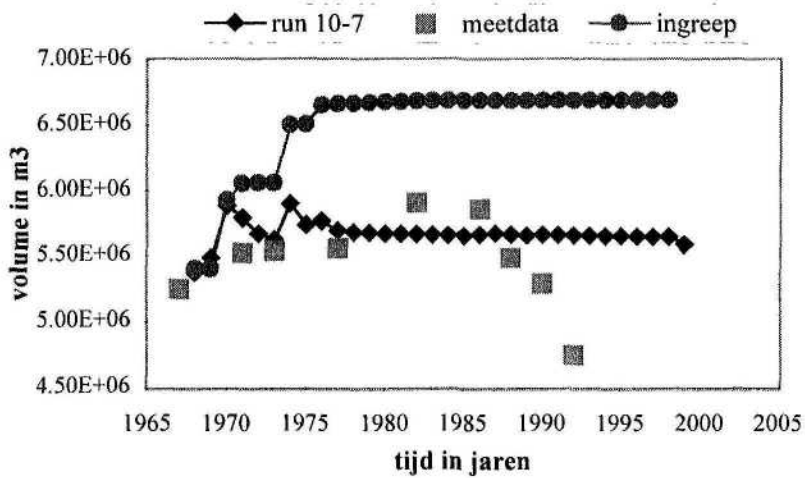
Geulvolume vak 23



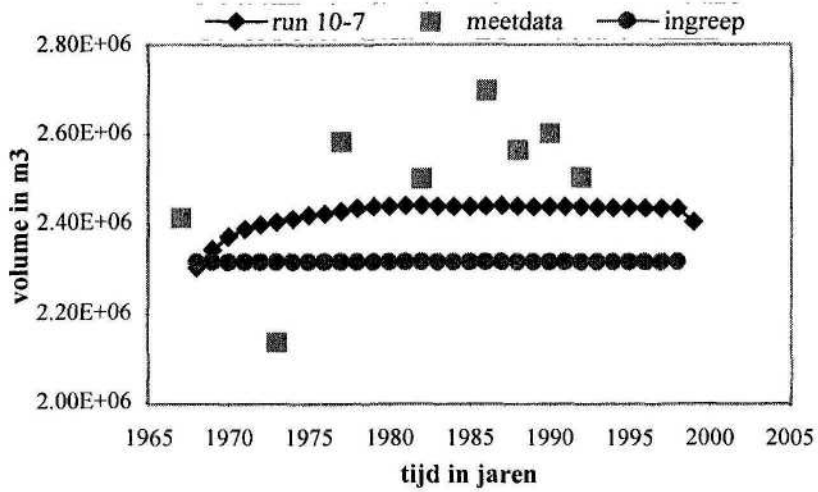
Geulvolume vak 24



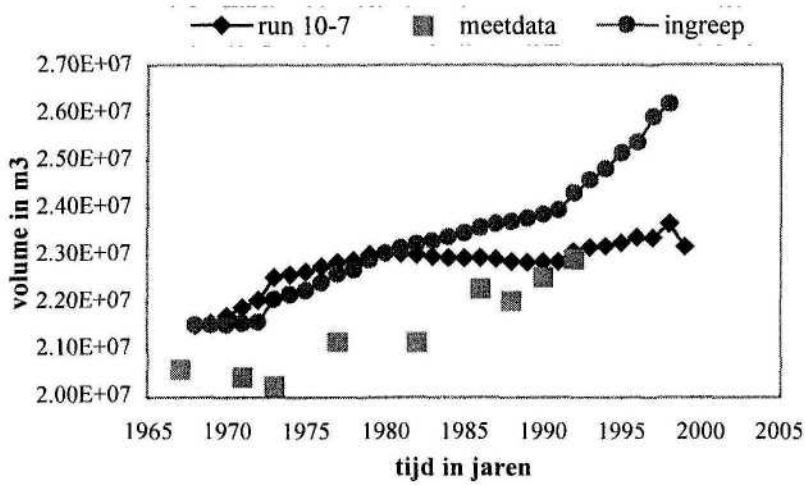
Geulvolume vak 26



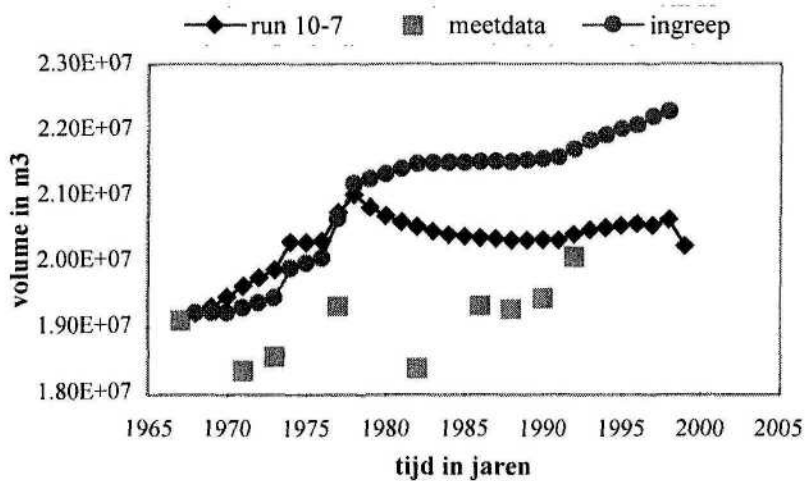
Geulvolume vak 27



Geulvolume vak 28

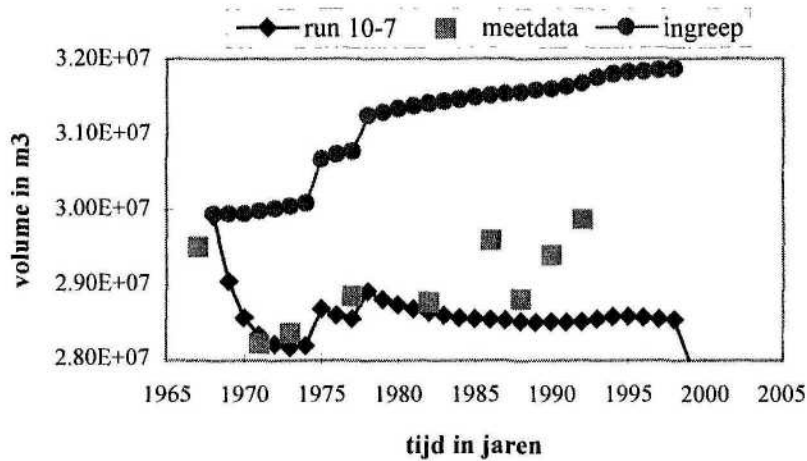


Geulvolume vak 29

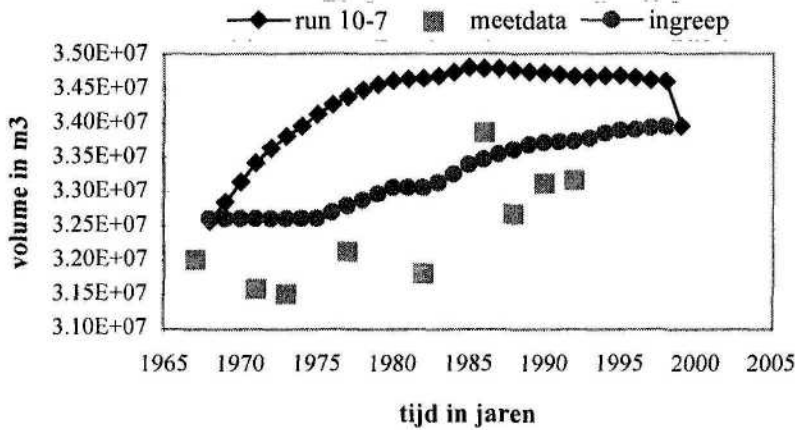




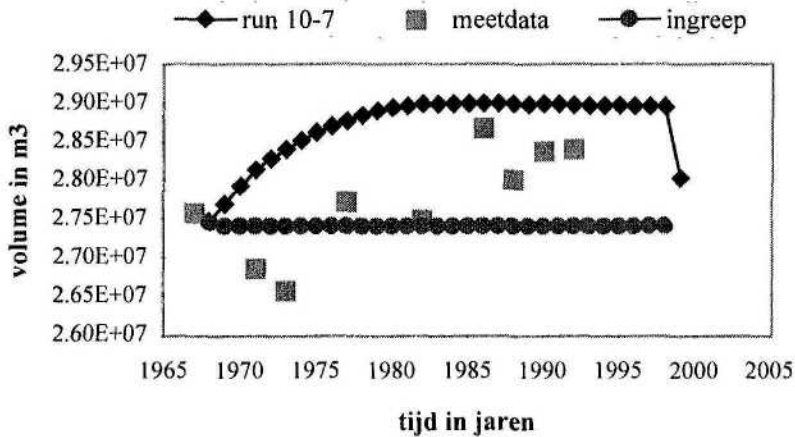
Geulvolume vak 30



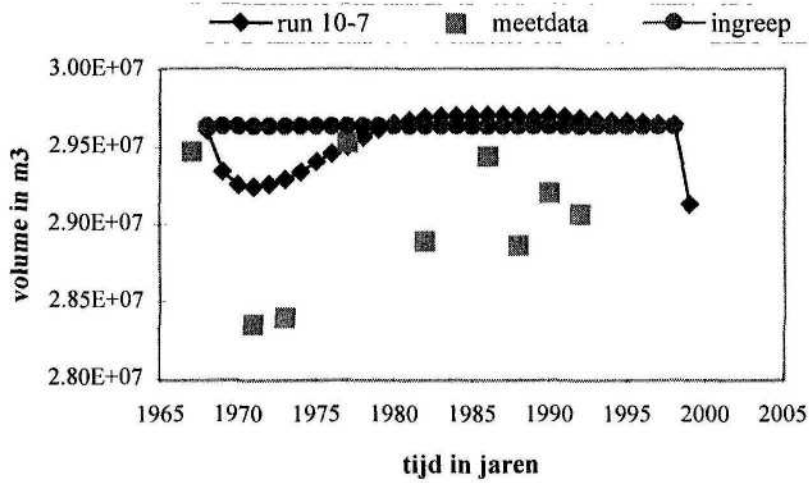
Geulvolume vak 31



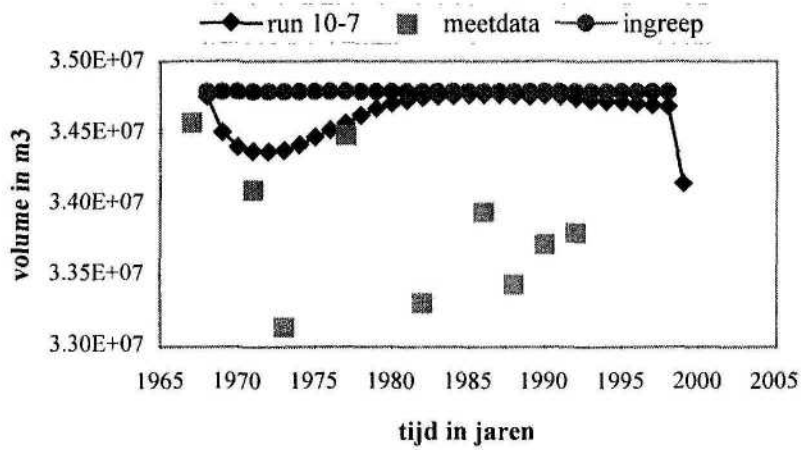
Geulvolume vak 32



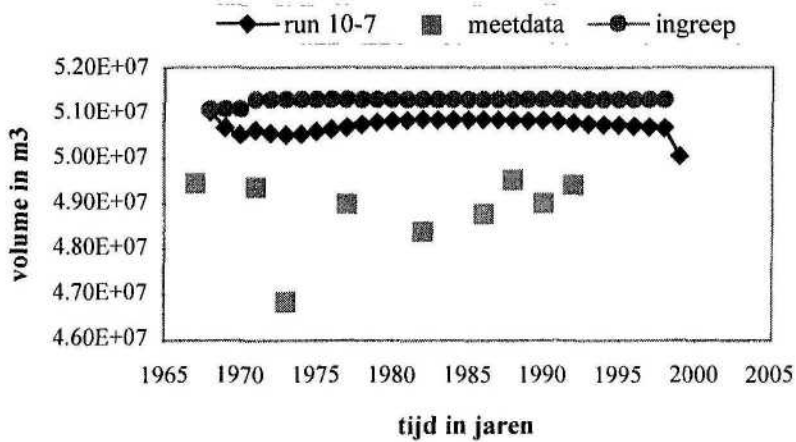
### Geulvolume vak 33



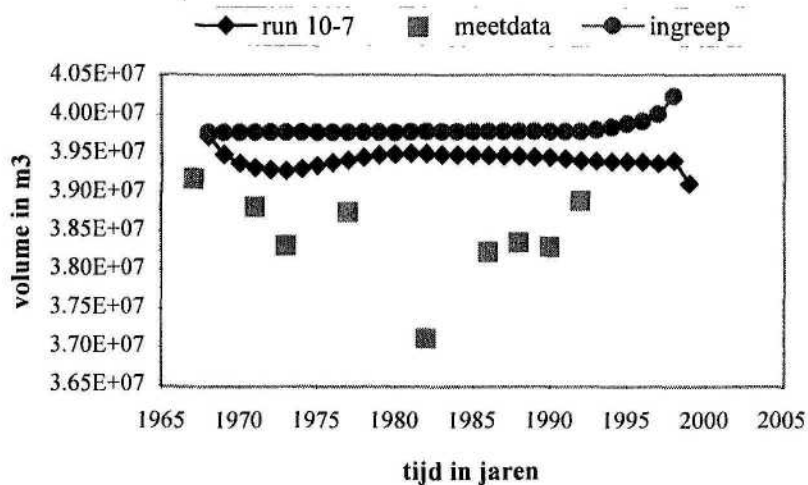
### Geulvolume vak 34



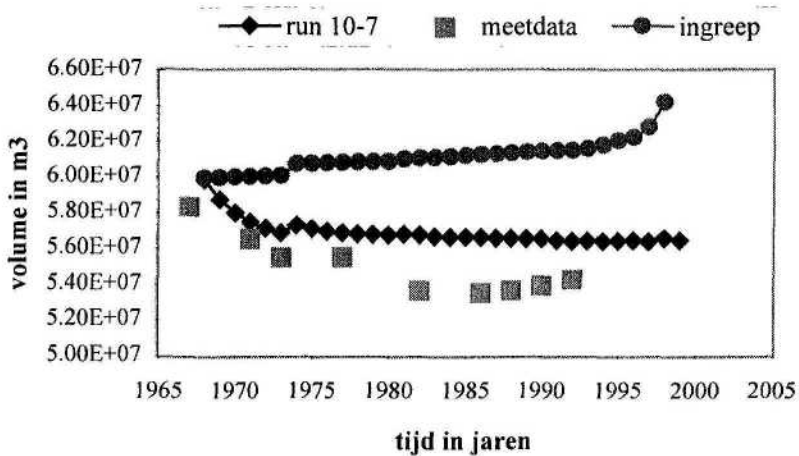
### Geulvolume vak 35



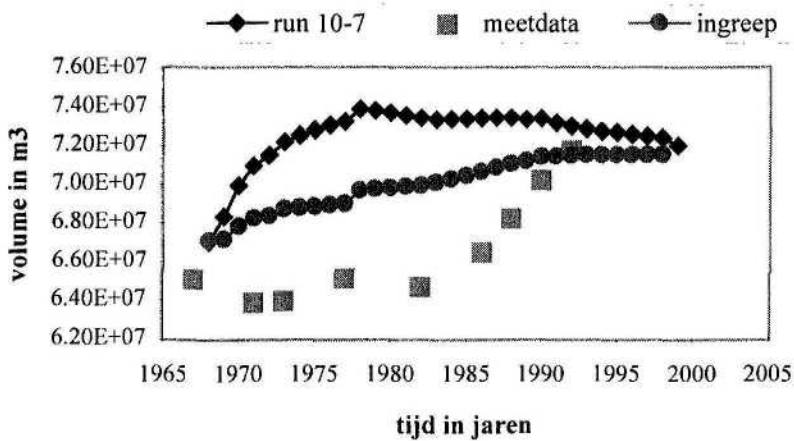
Geulvolume vak 36

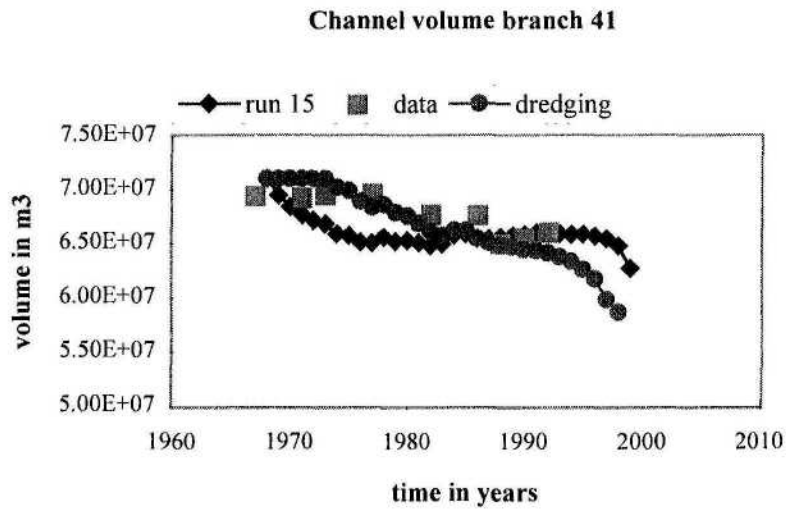
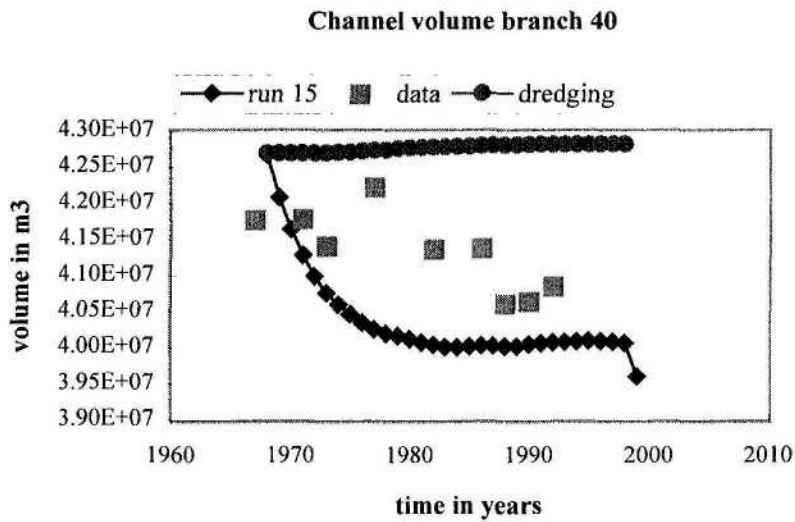
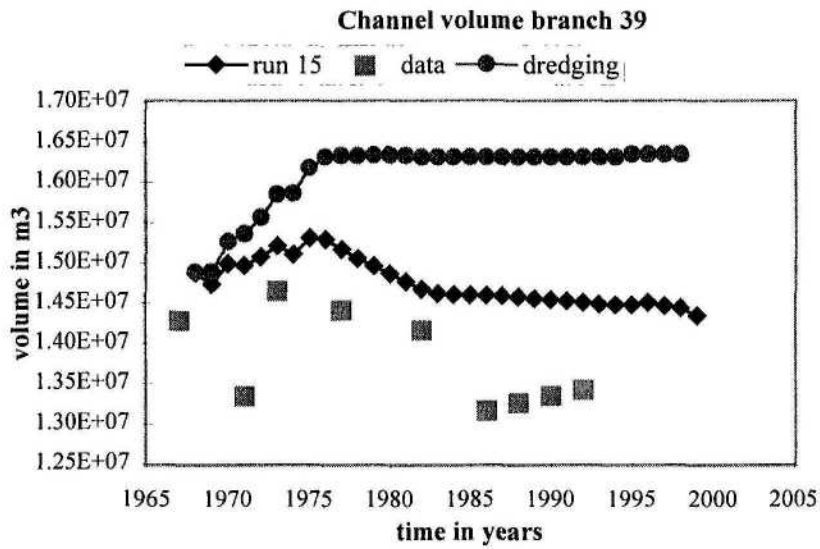


Geulvolume vak 37

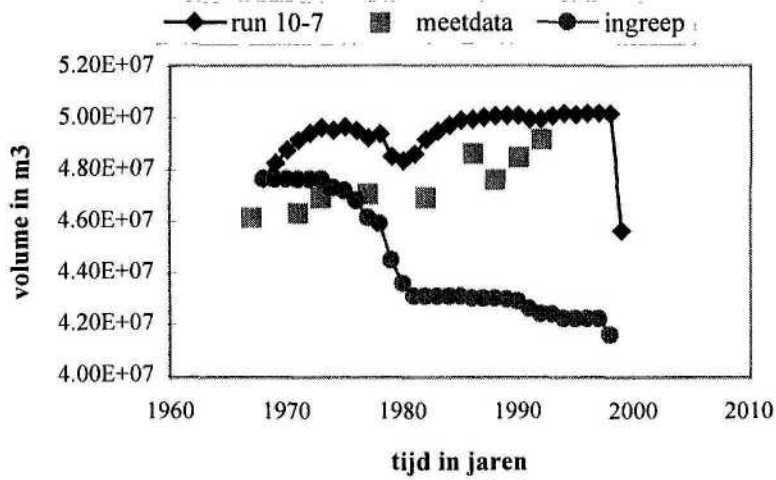


Geulvolume vak 38

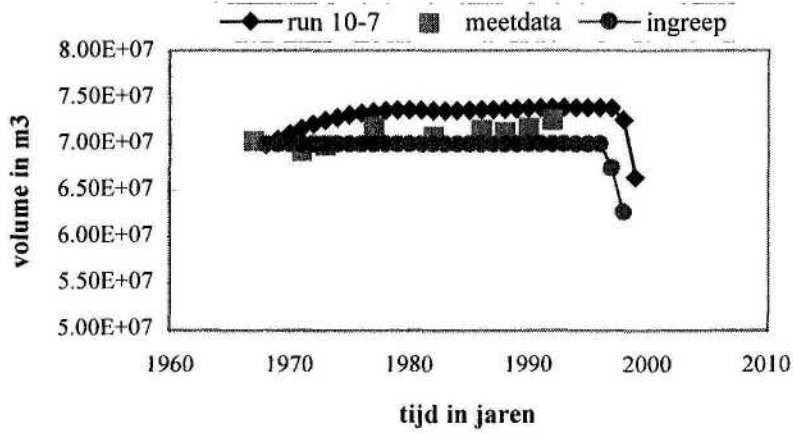




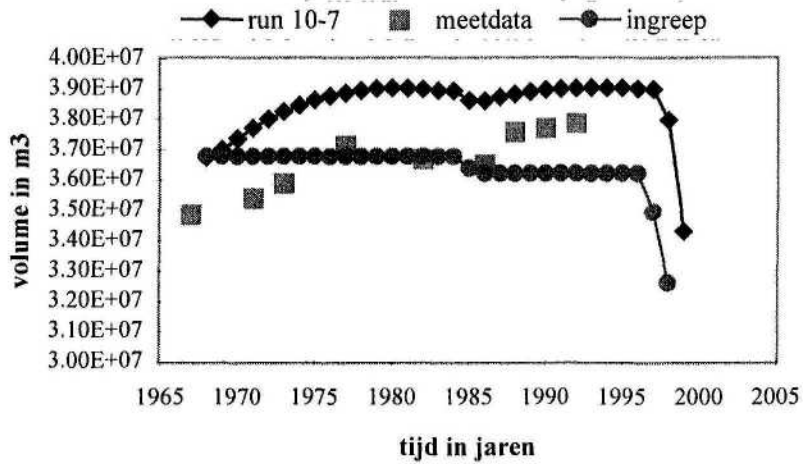
Geulvolume vak 42



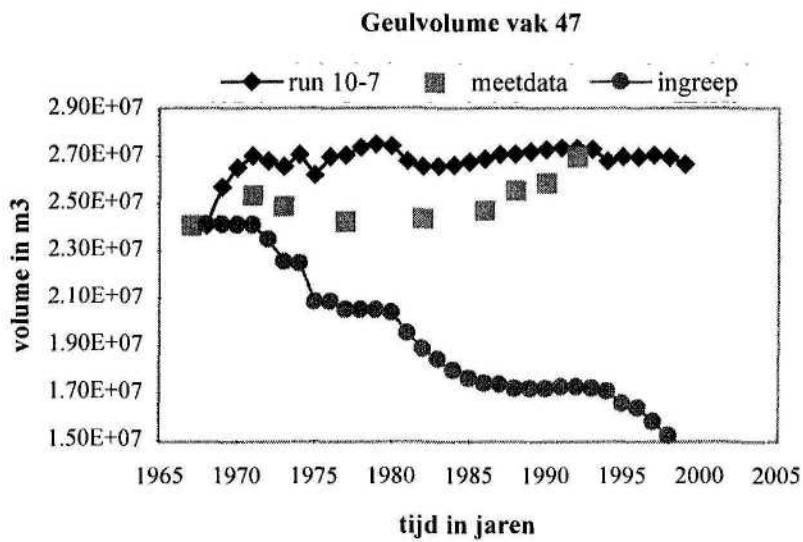
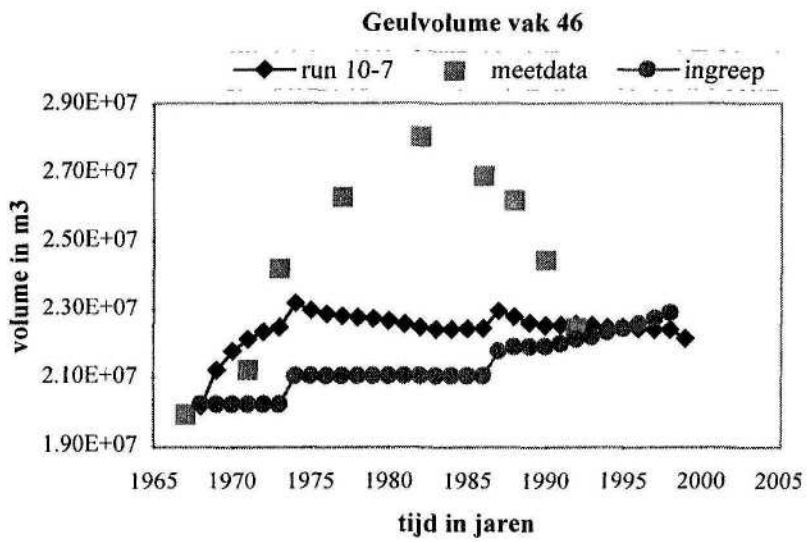
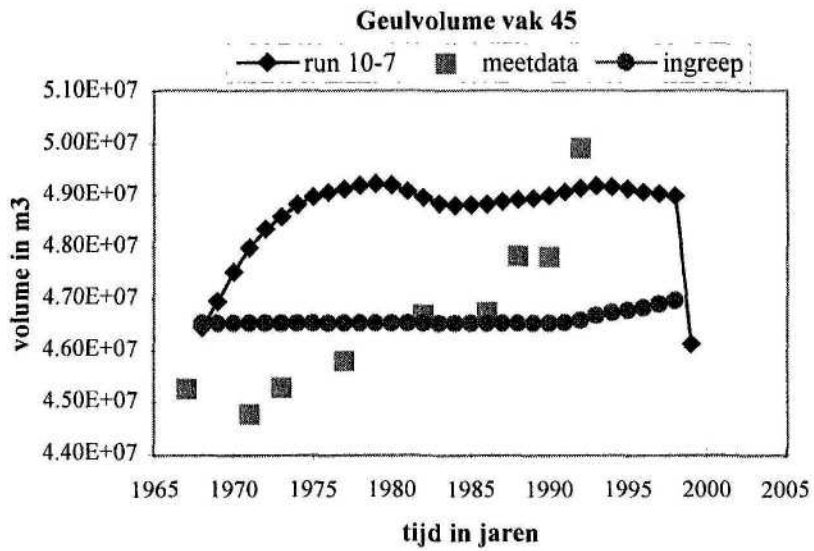
Geulvolume vak 43

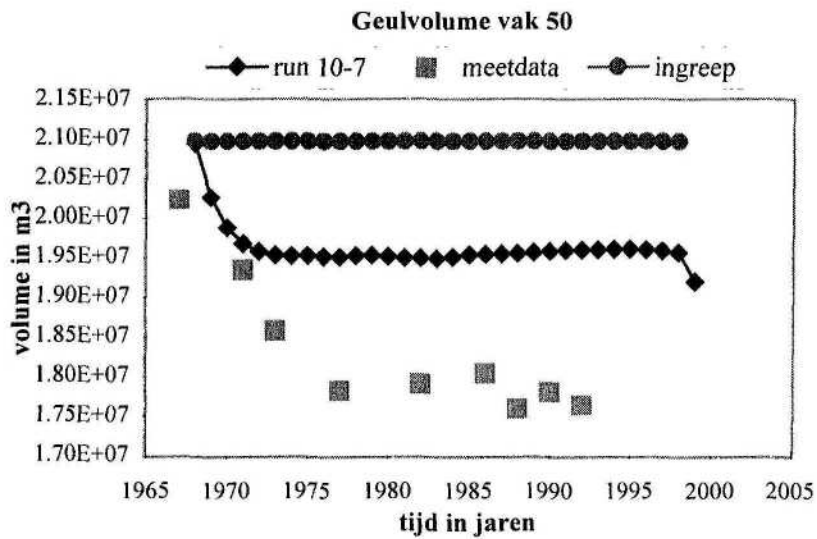
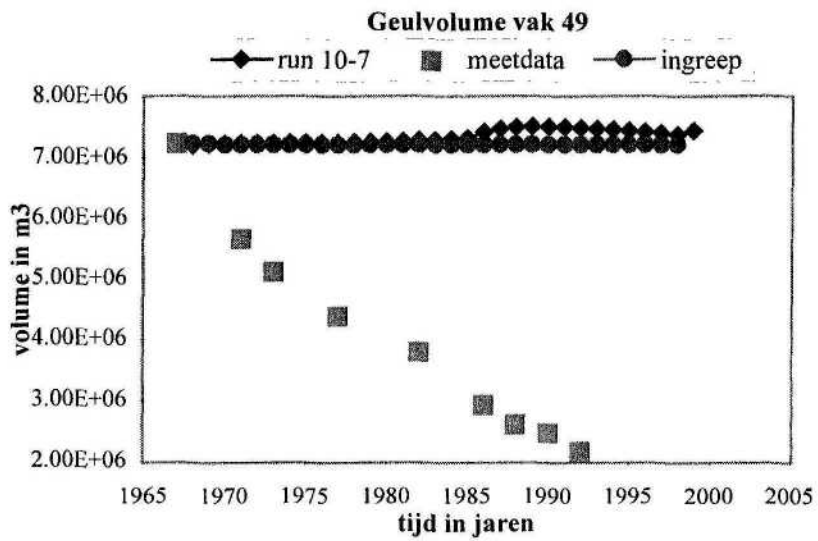
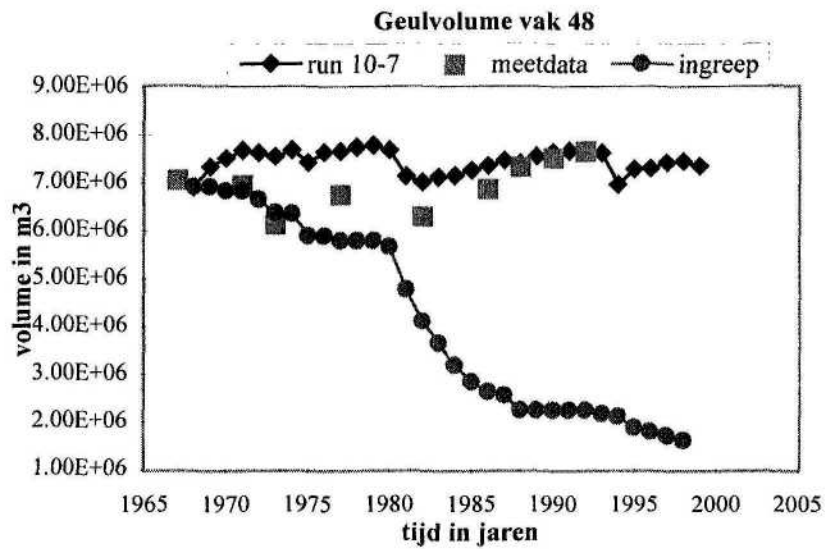


Geulvolume vak 44



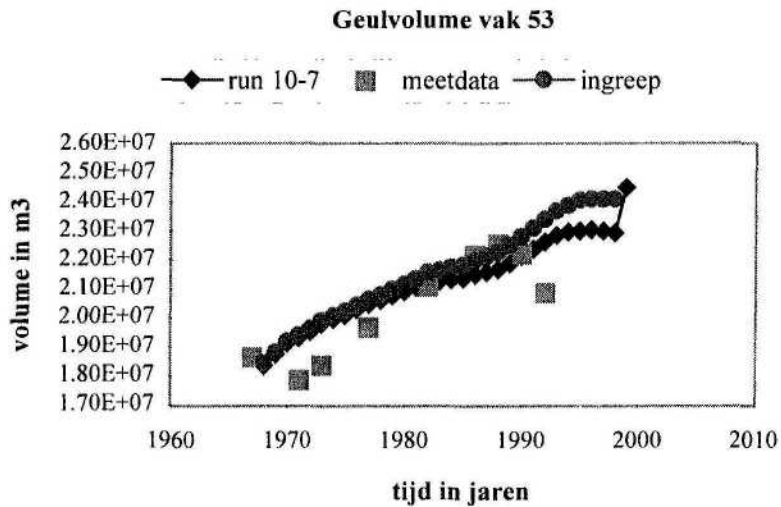
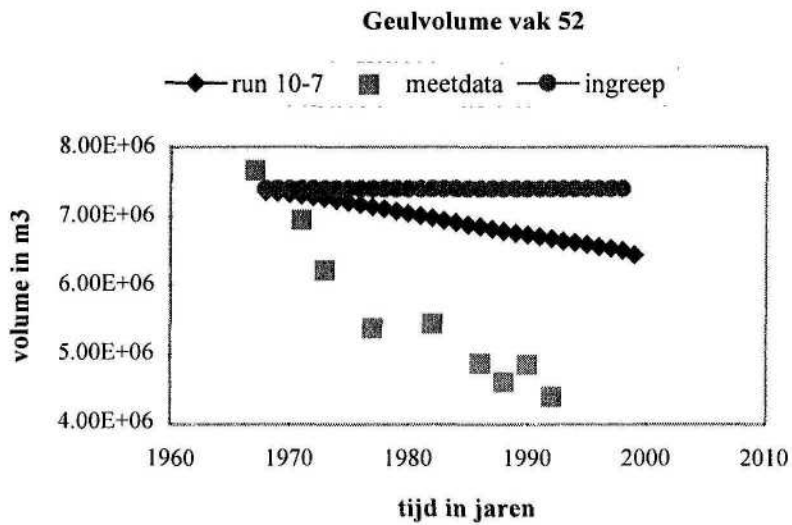
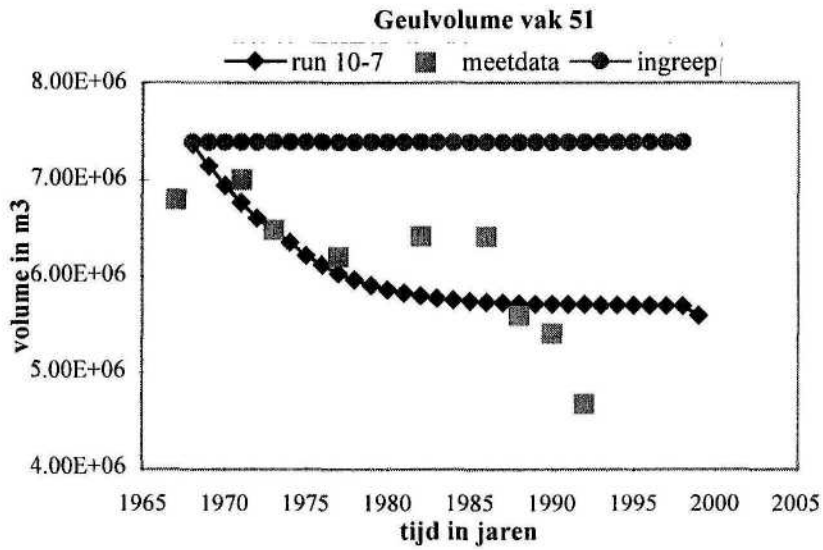


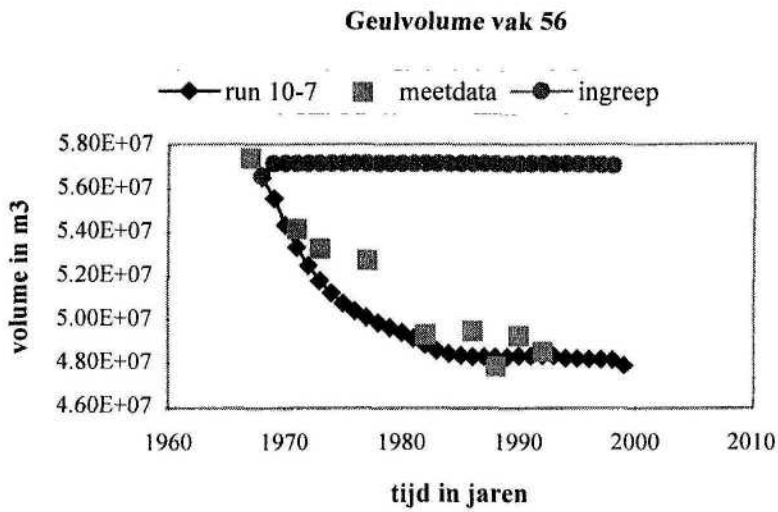
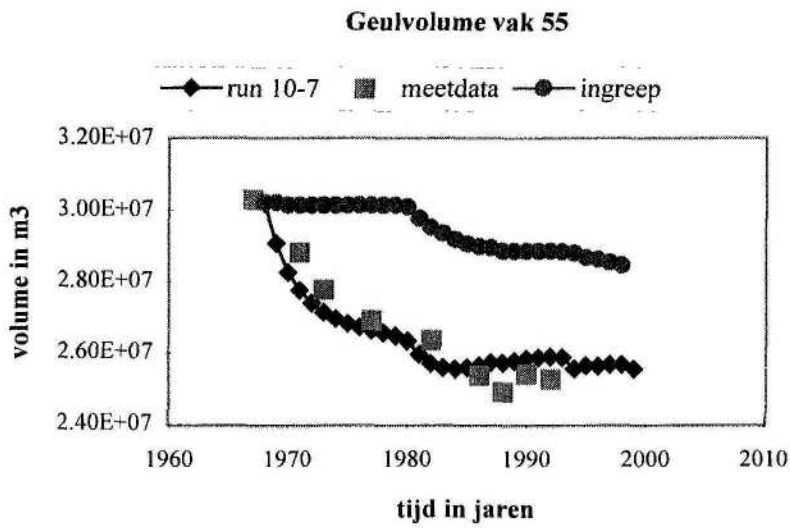
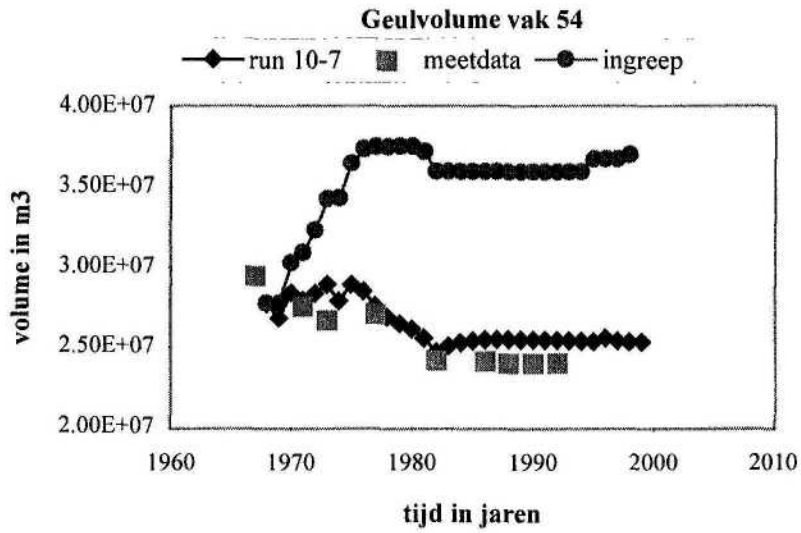


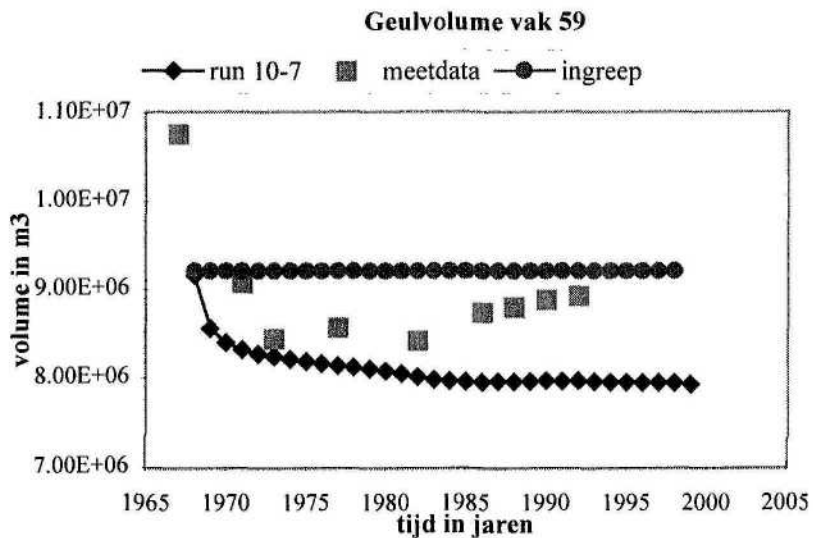
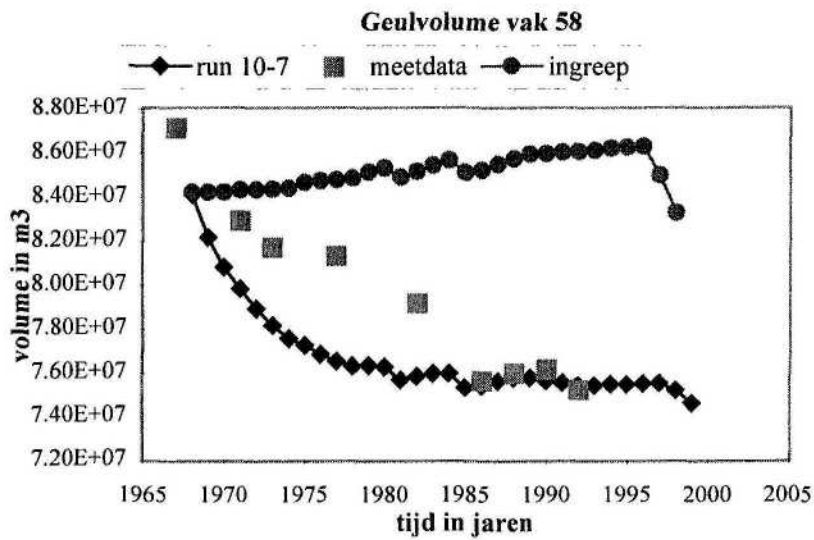
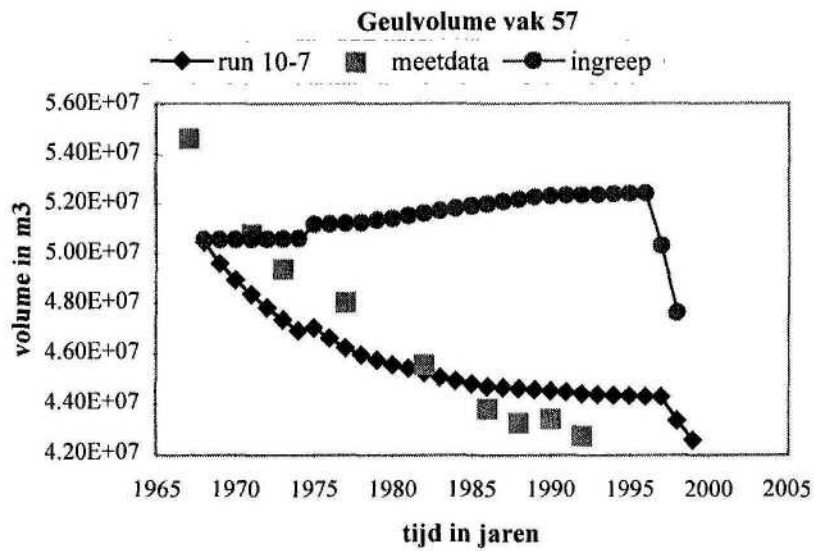


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

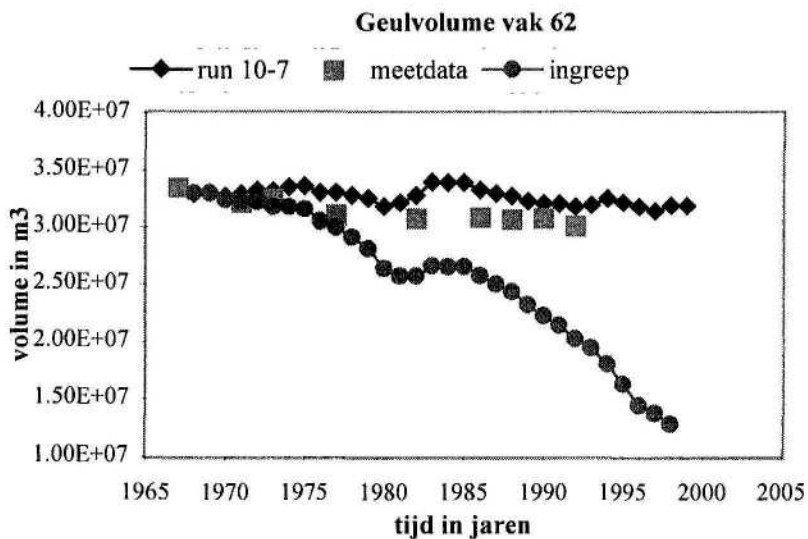
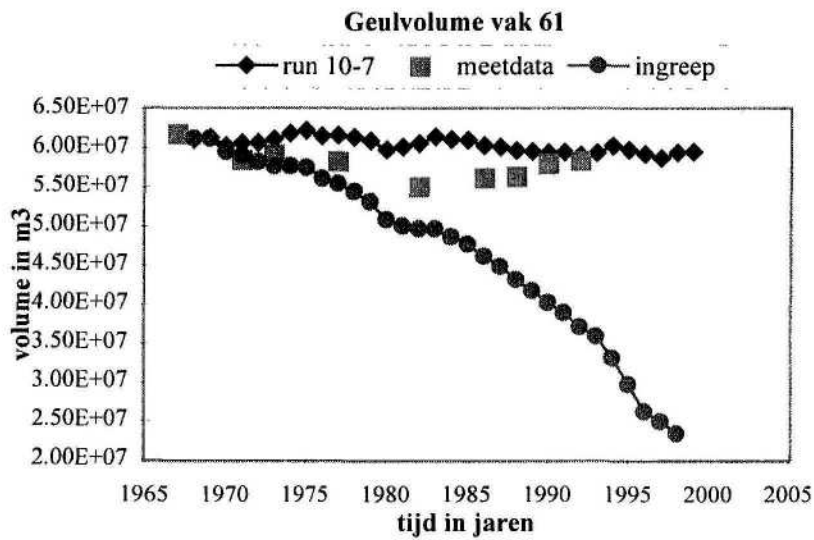
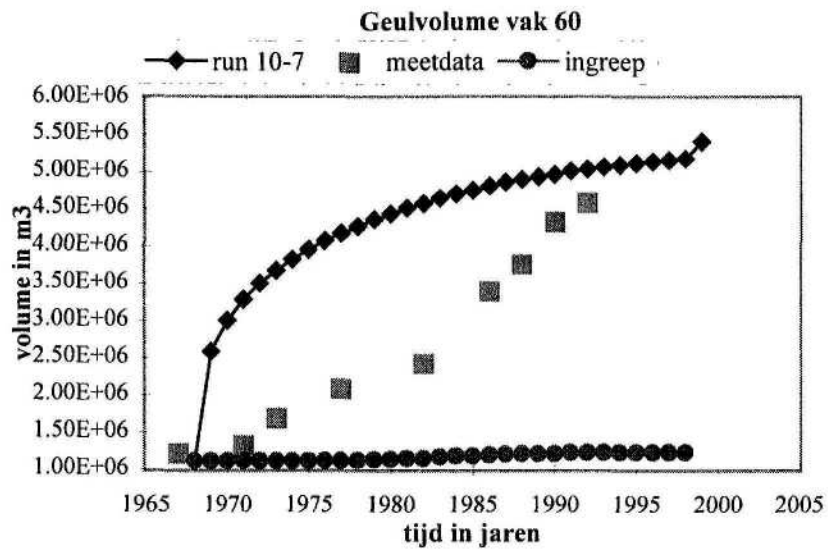
Z3105

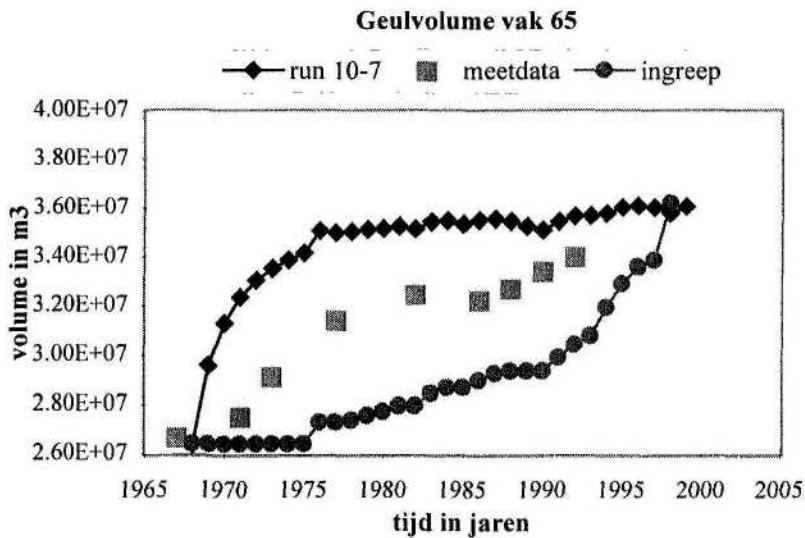
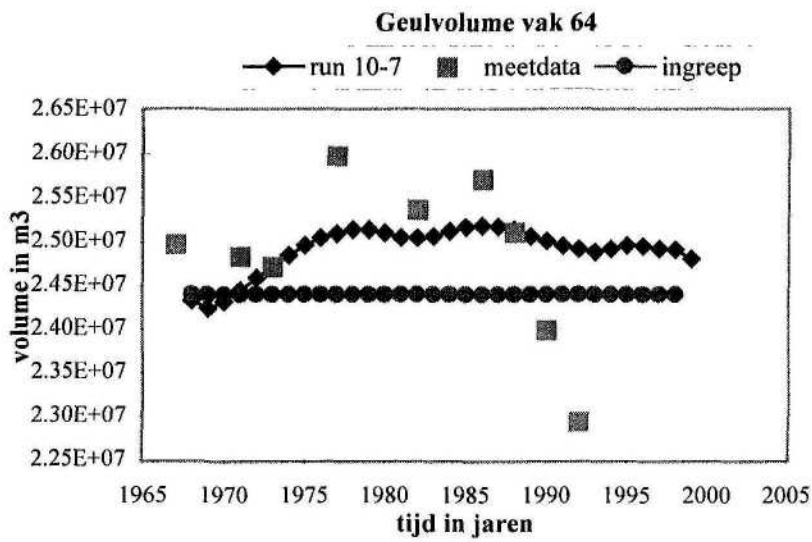
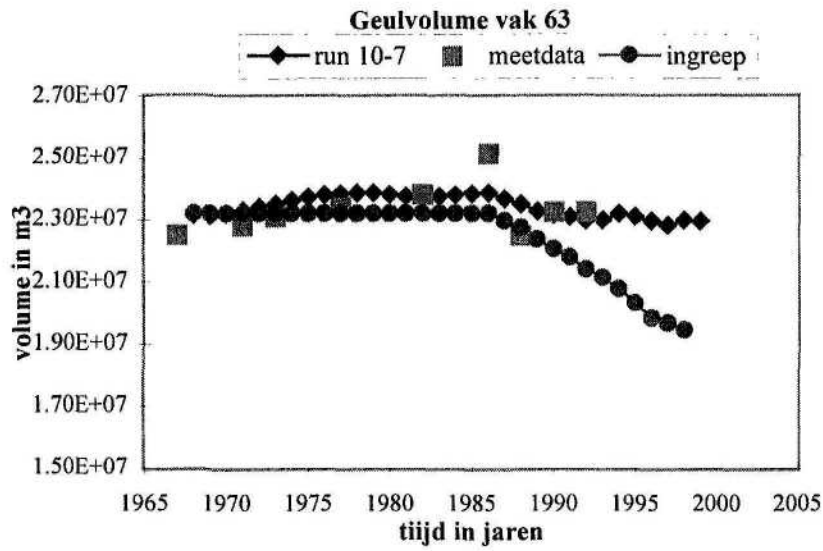






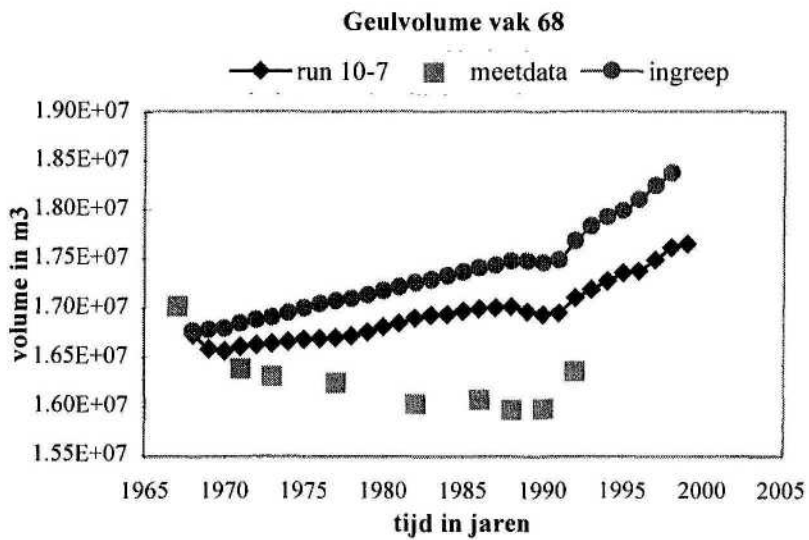
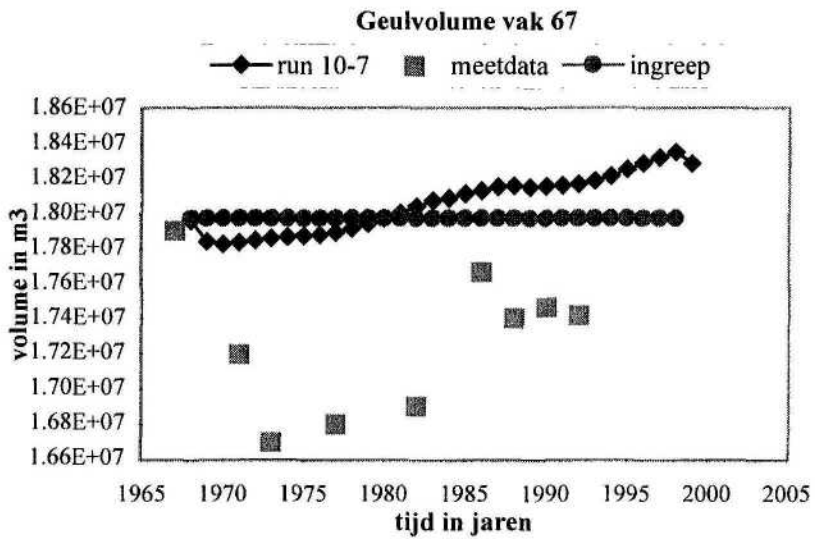
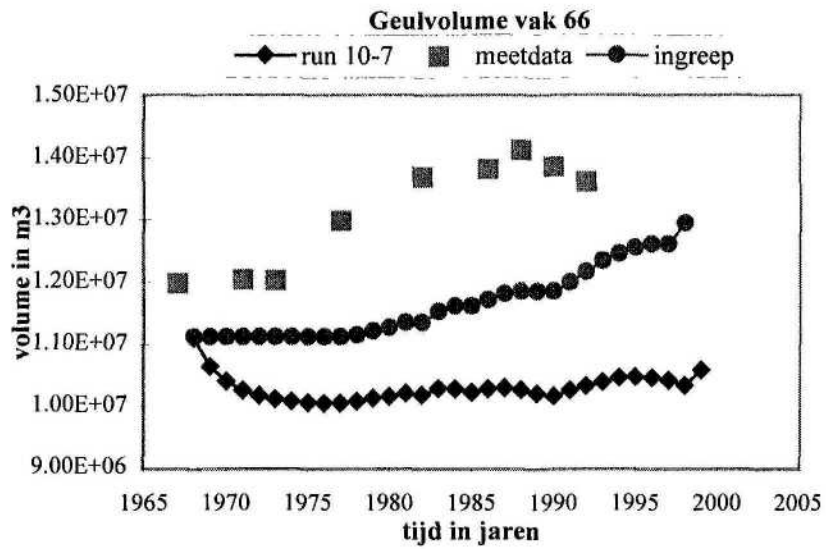






ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

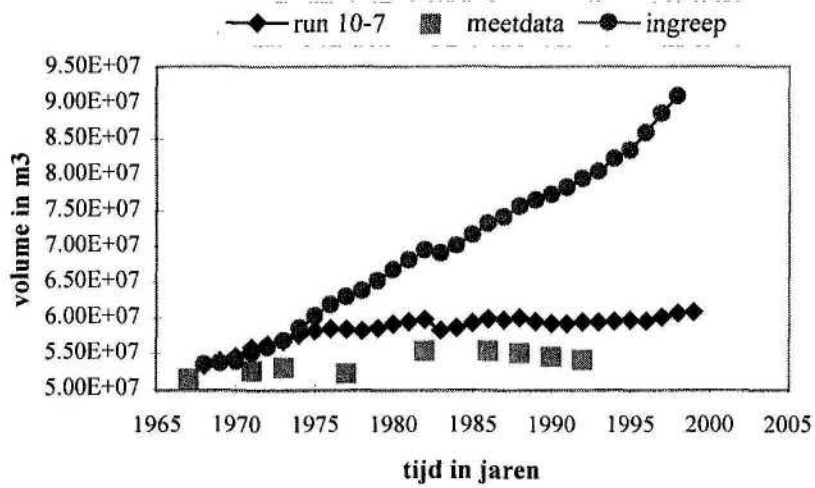
Z3105



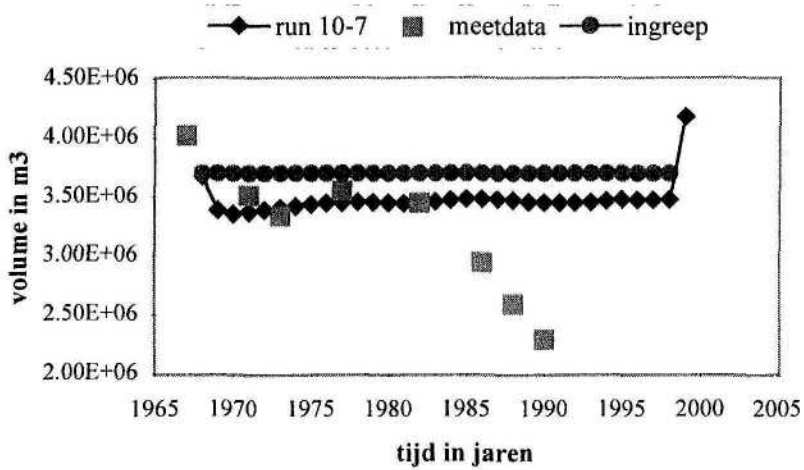
ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

Z3105

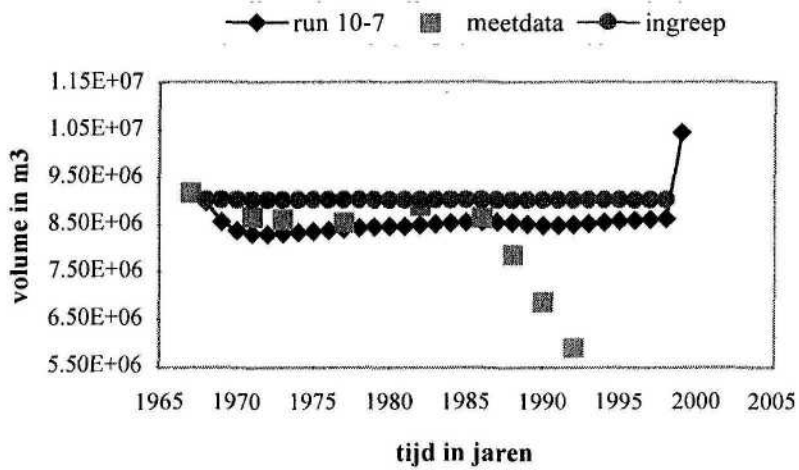
Geulvolume vak 69



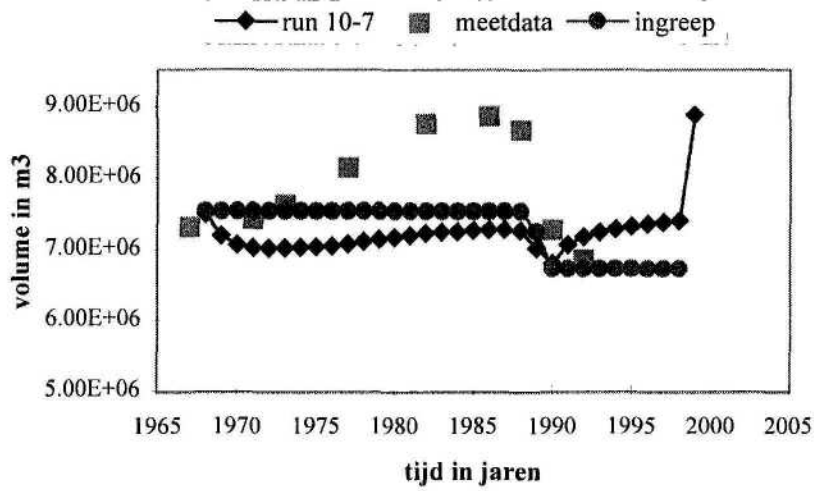
Geulvolume vak 70



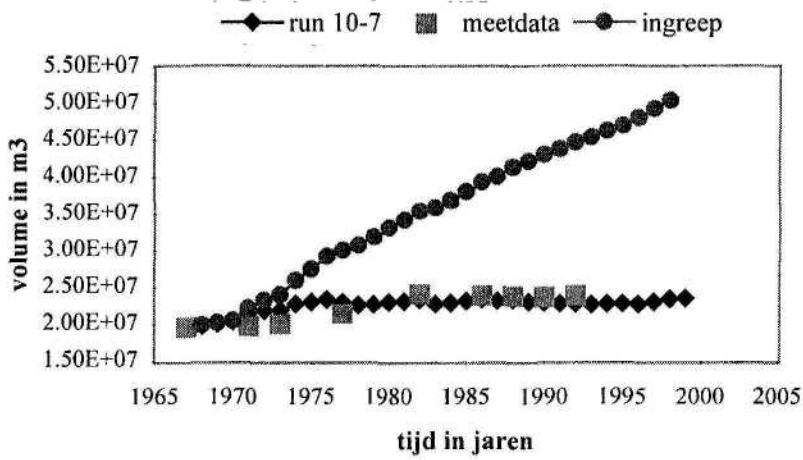
Geulvolume vak 71



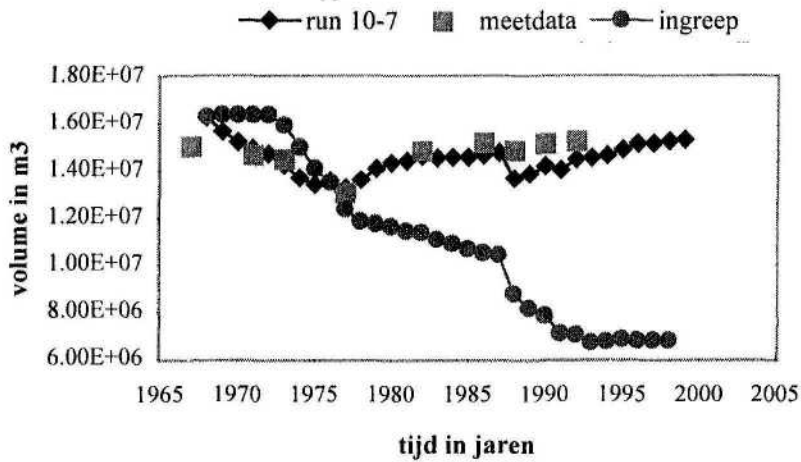
Geulvolume vak 72



Geulvolume vak 73

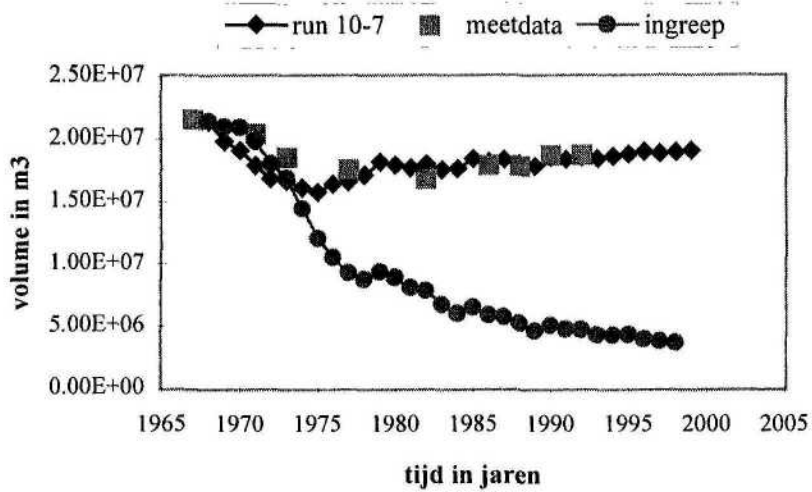


Geulvolume vak 74

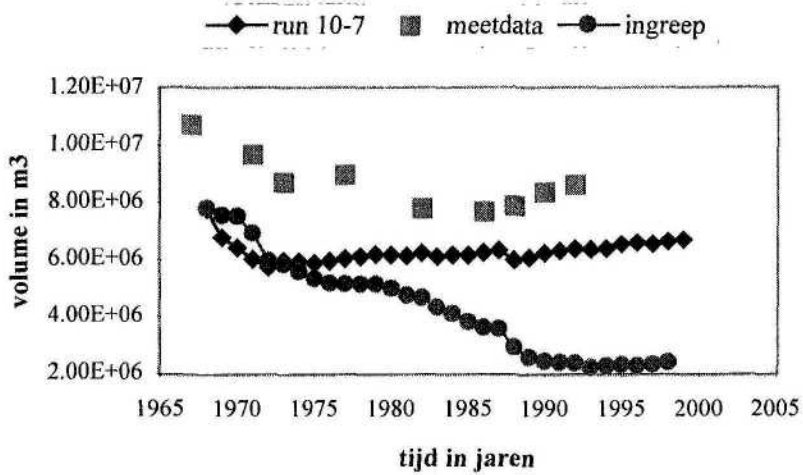




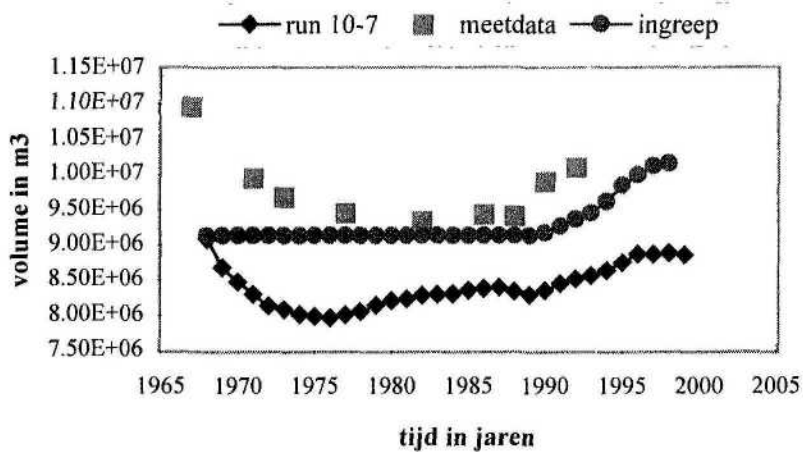
Geulvolume vak 75

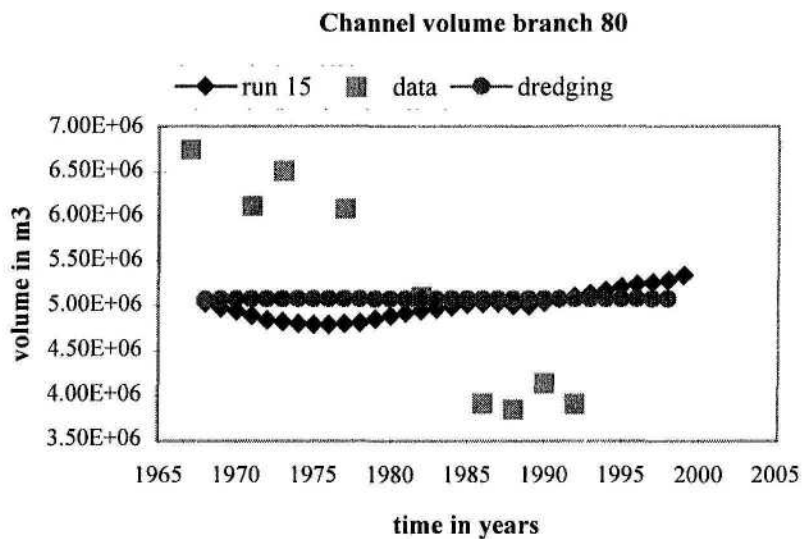
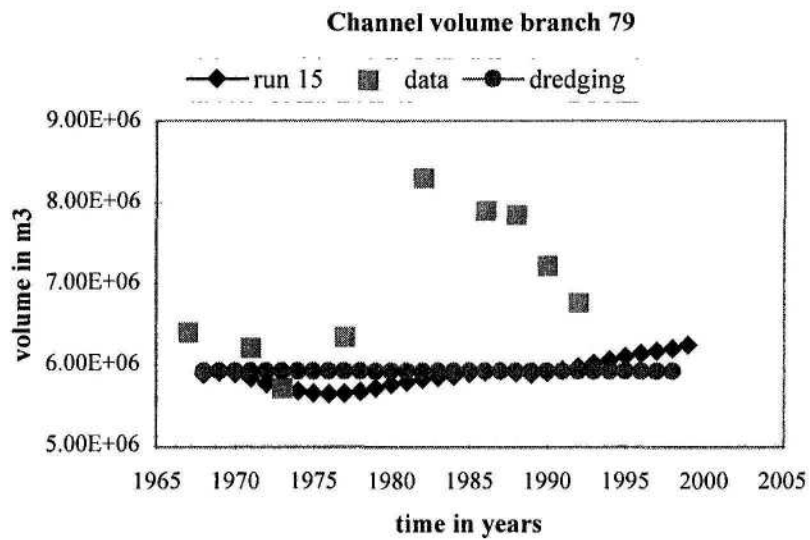
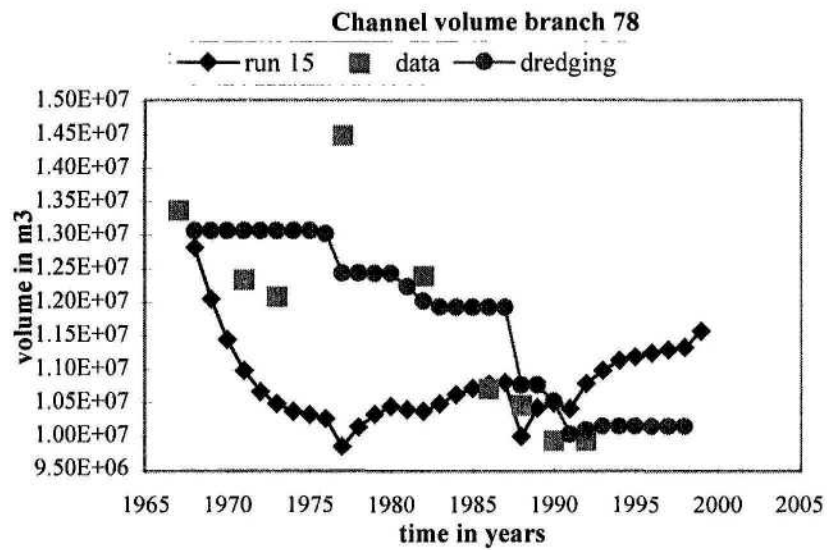


Geulvolume vak 76



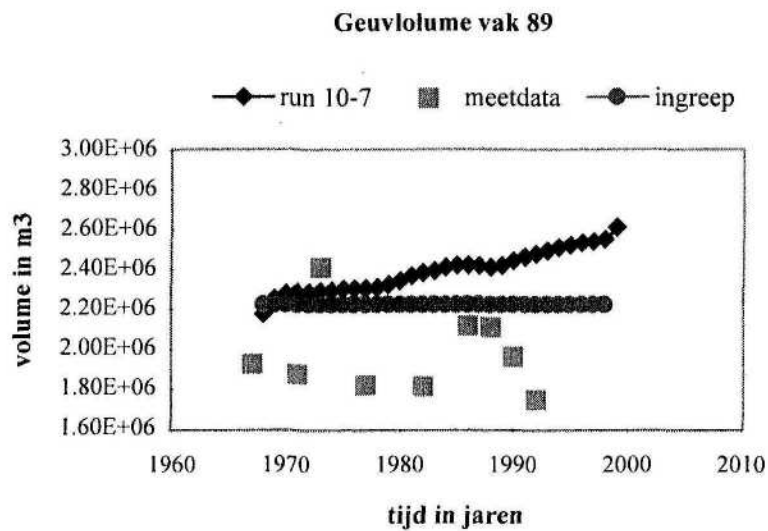
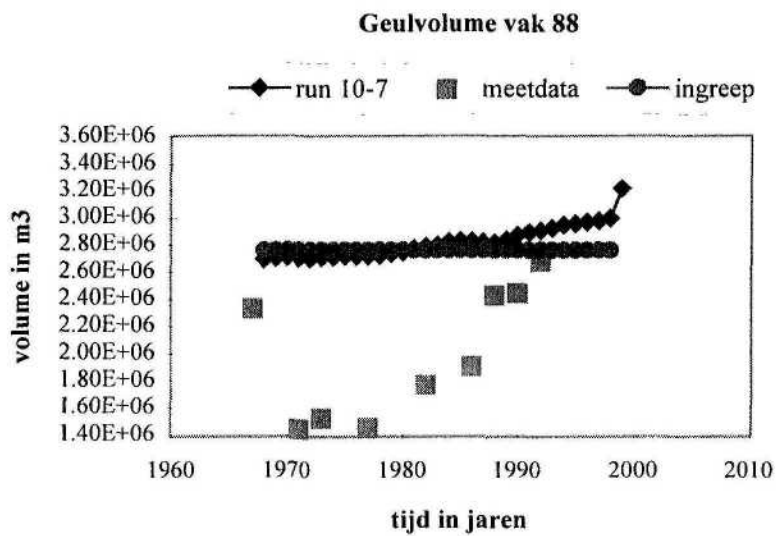
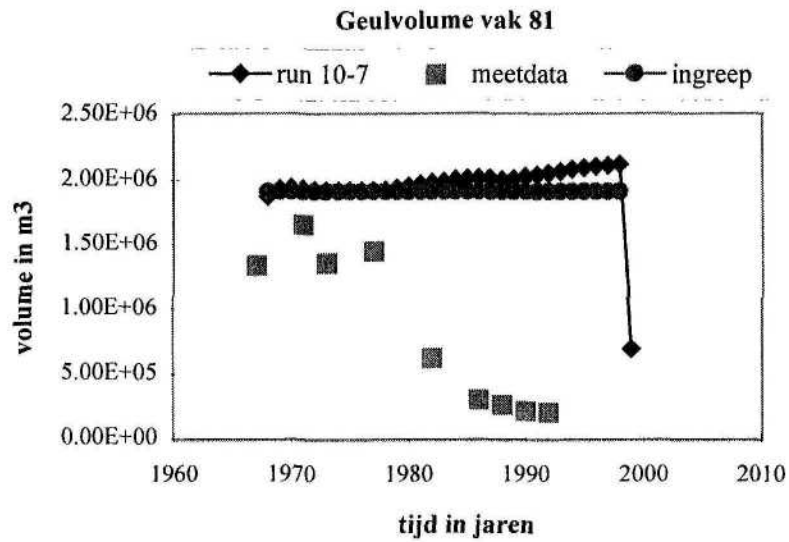
Geulvolume vak 77

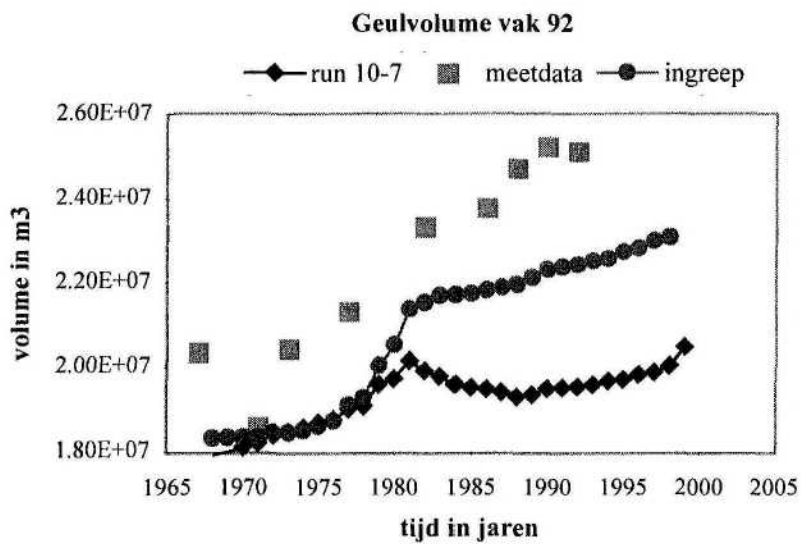
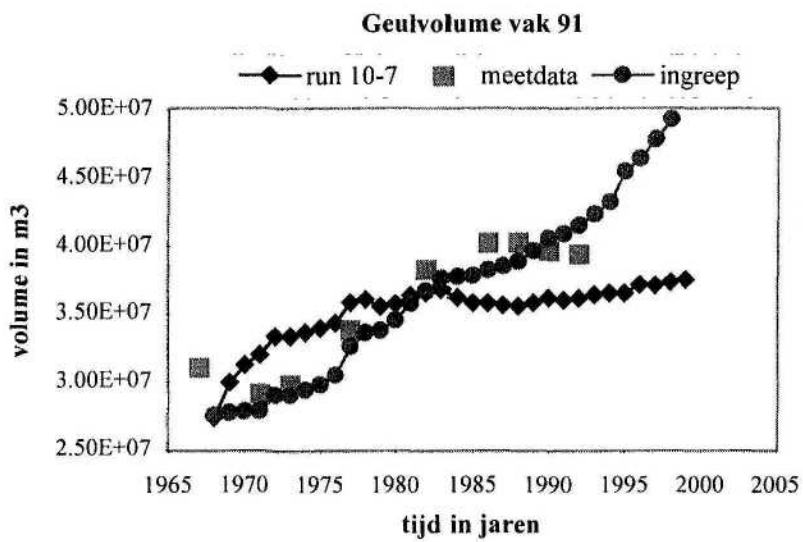
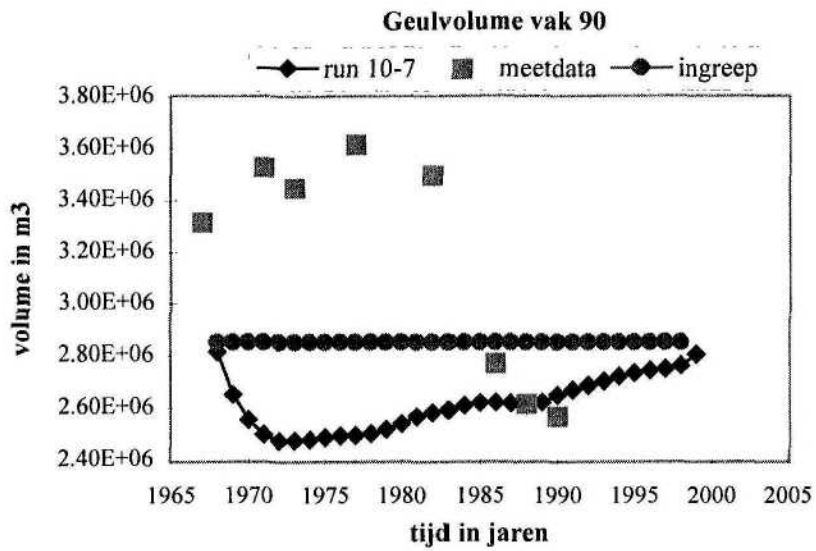


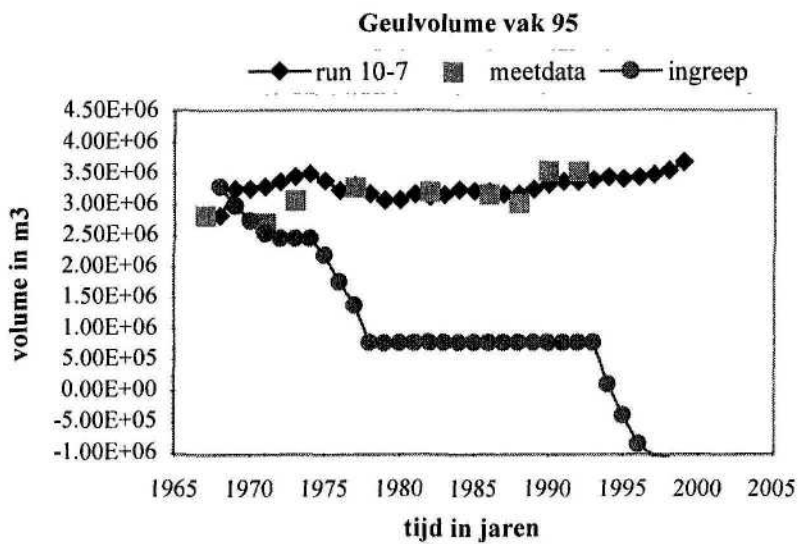
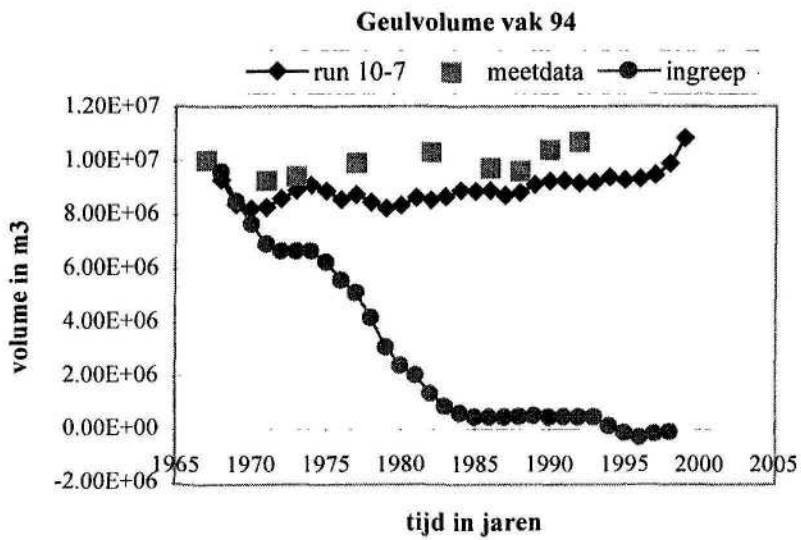
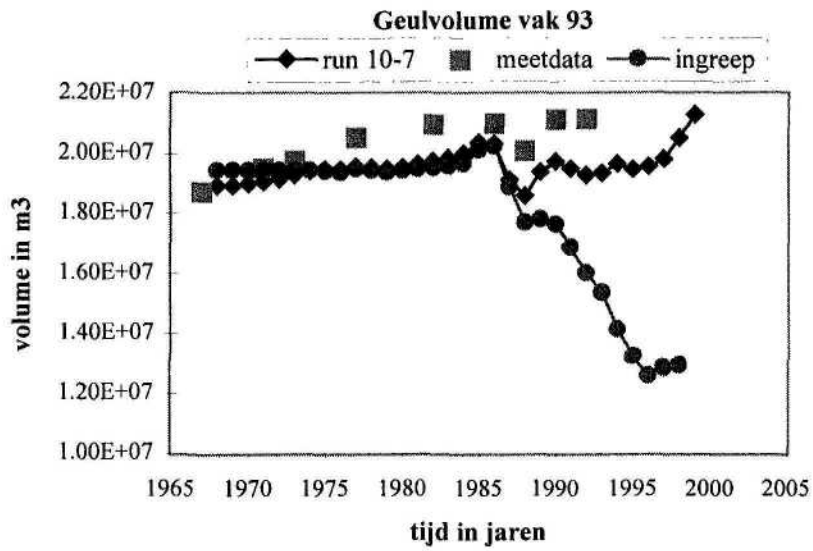


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

Z3105

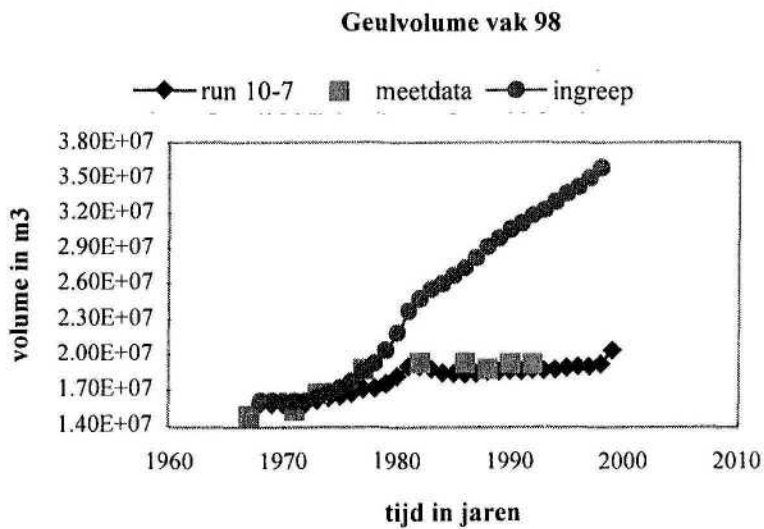
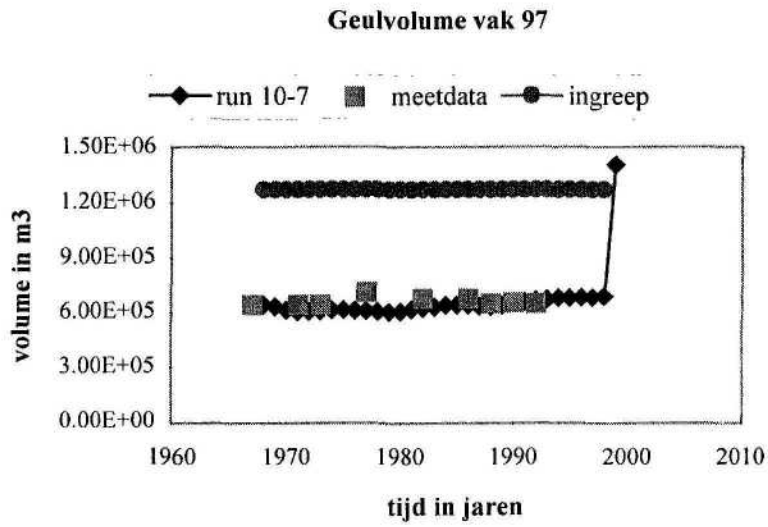
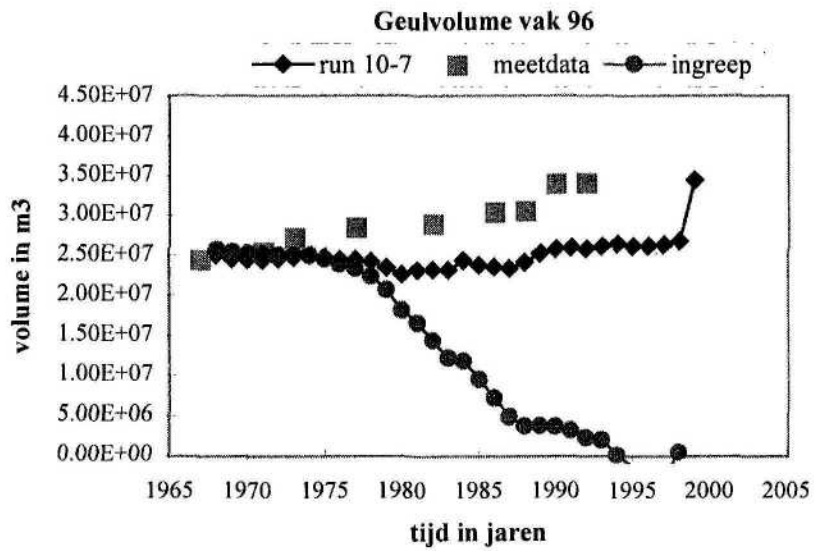






ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

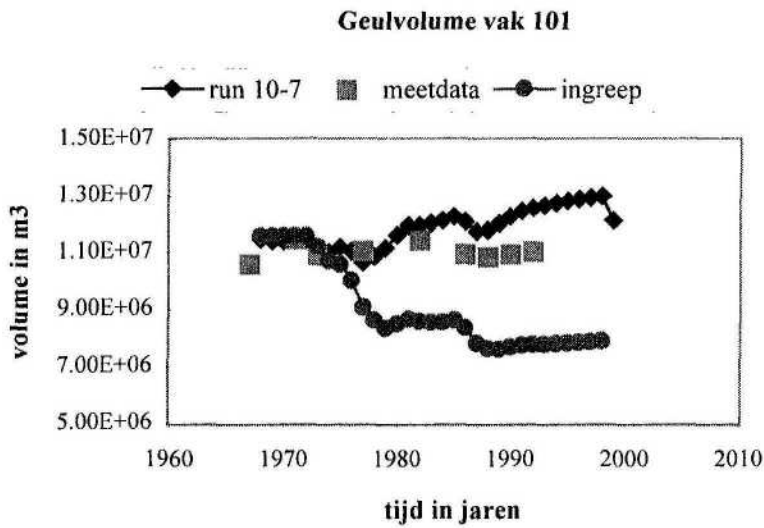
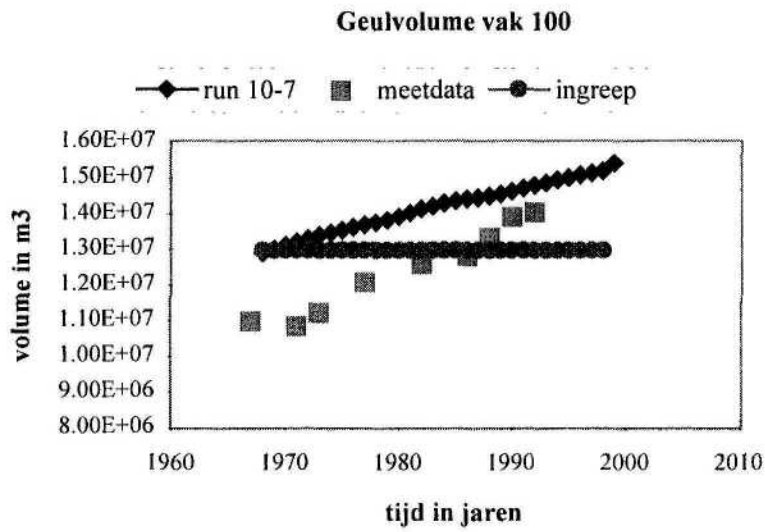
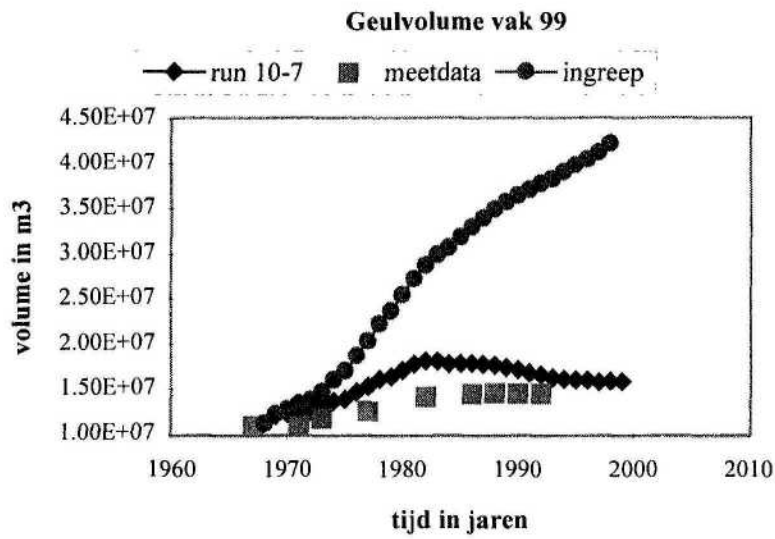
Z3105

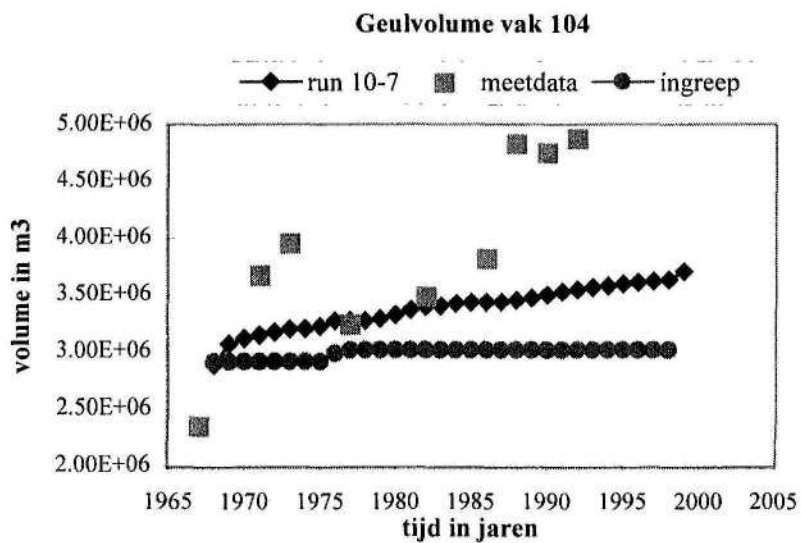
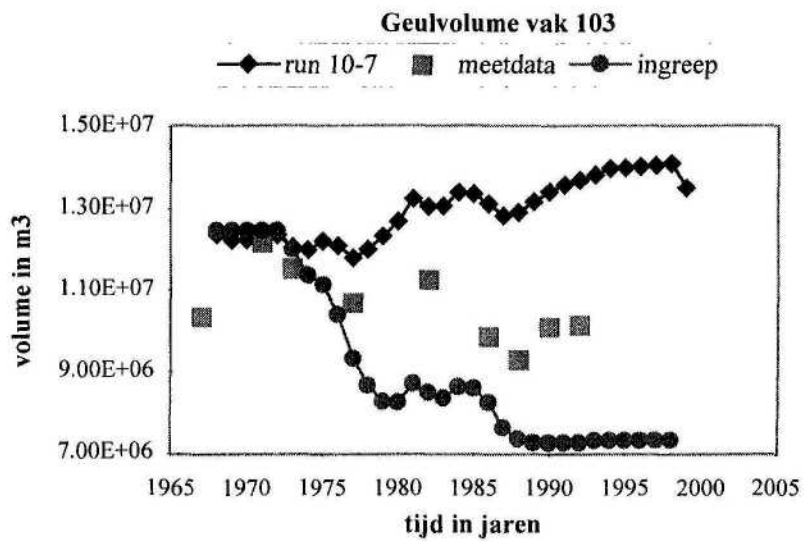
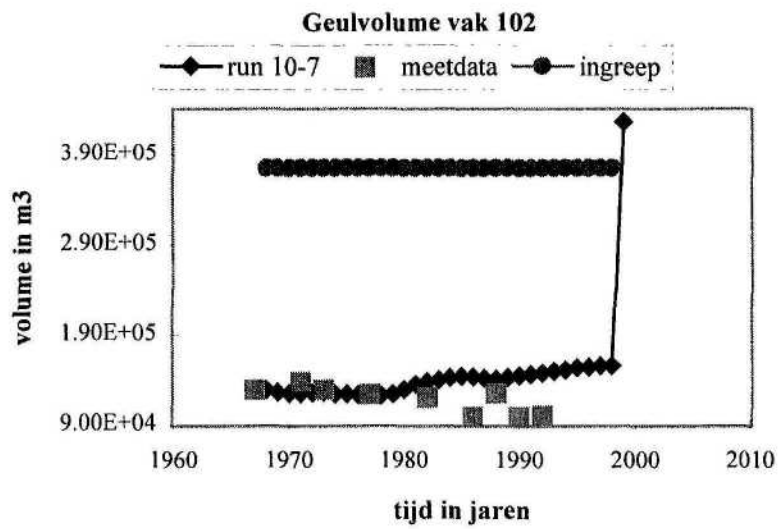


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

Z3105

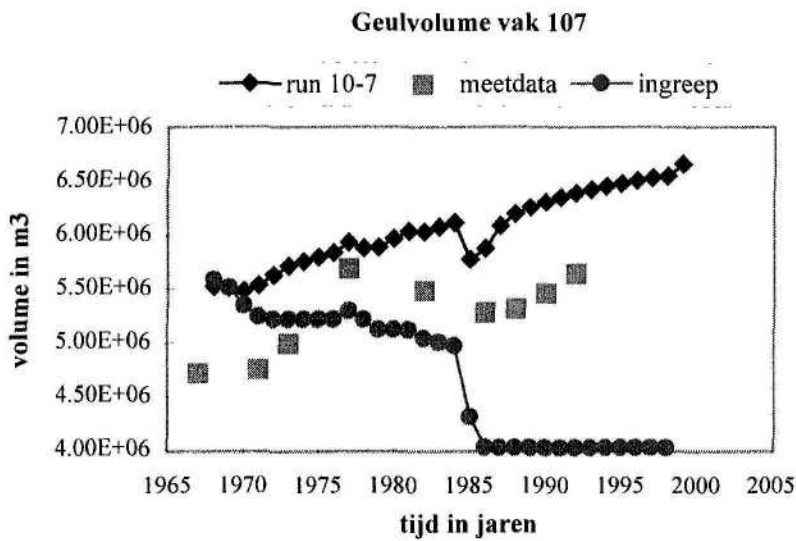
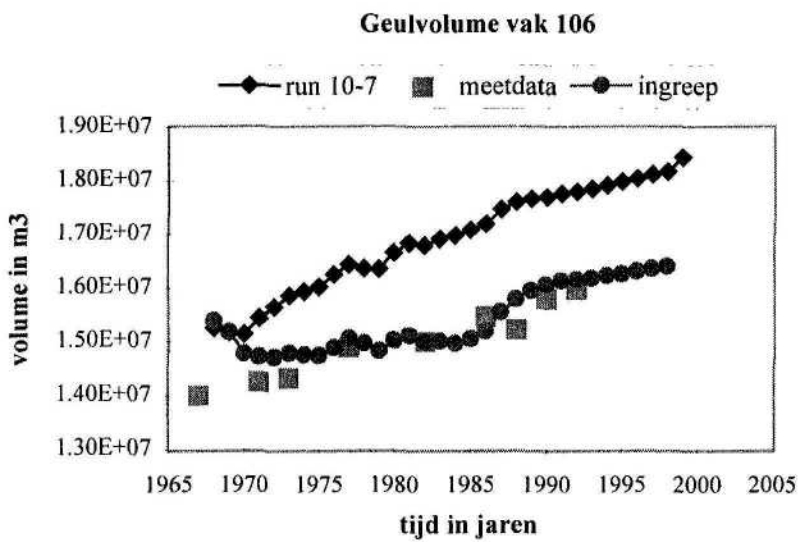
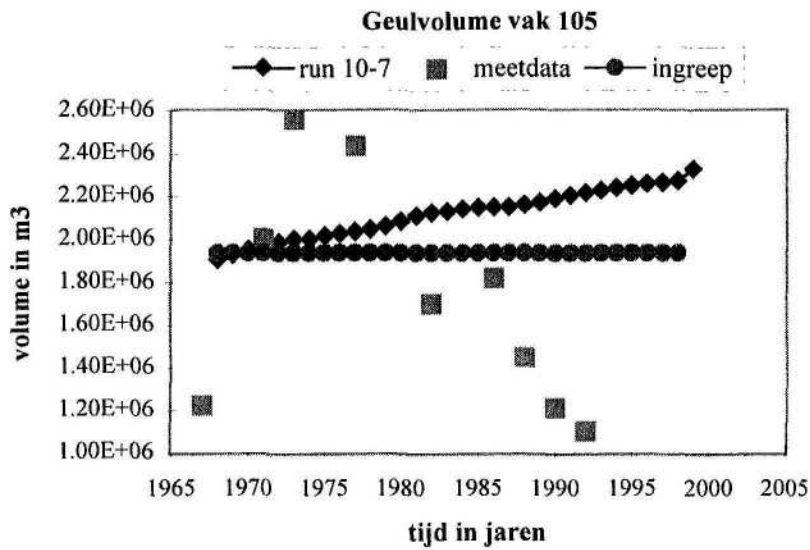


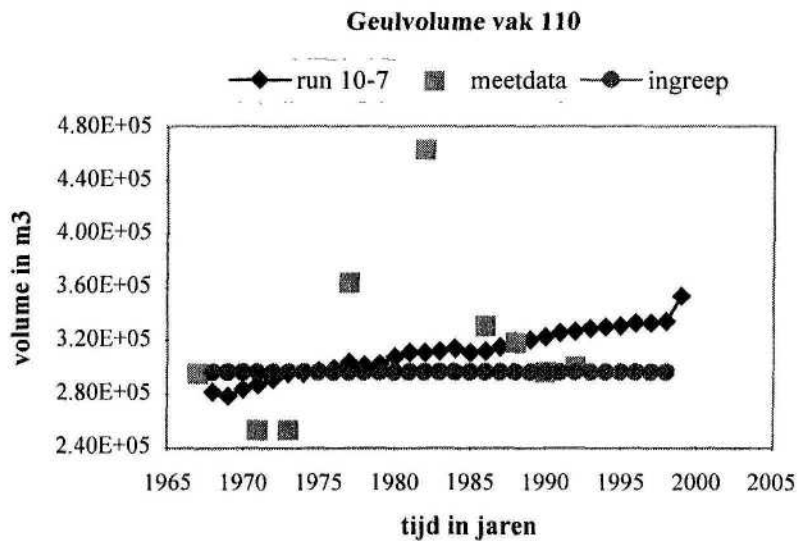
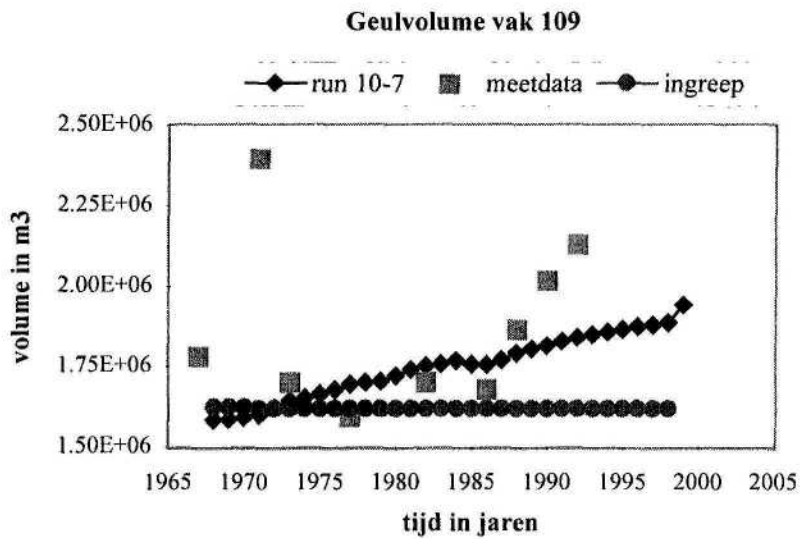
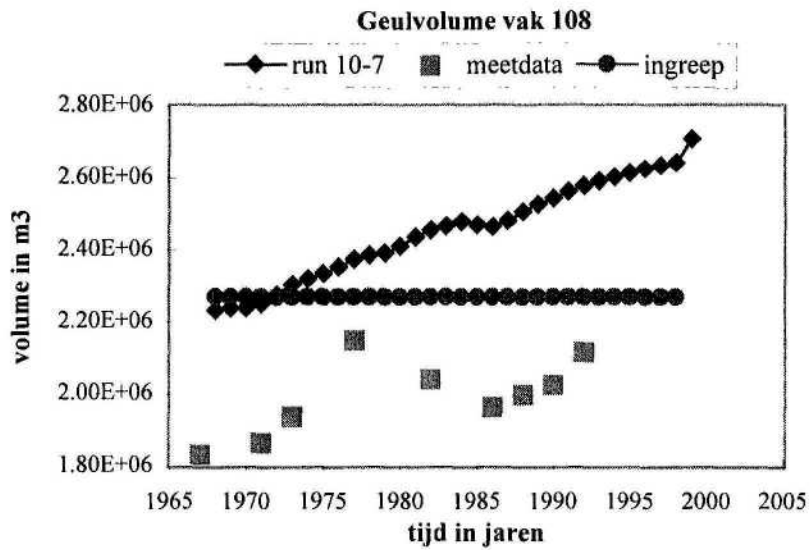


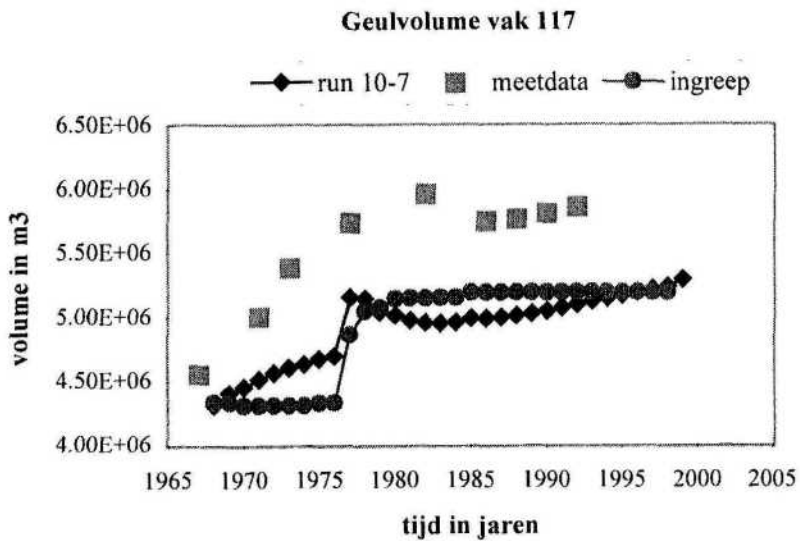
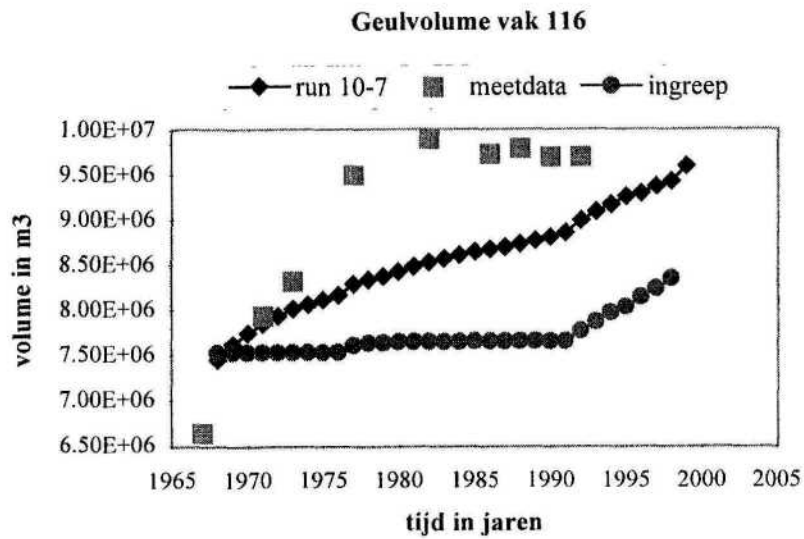
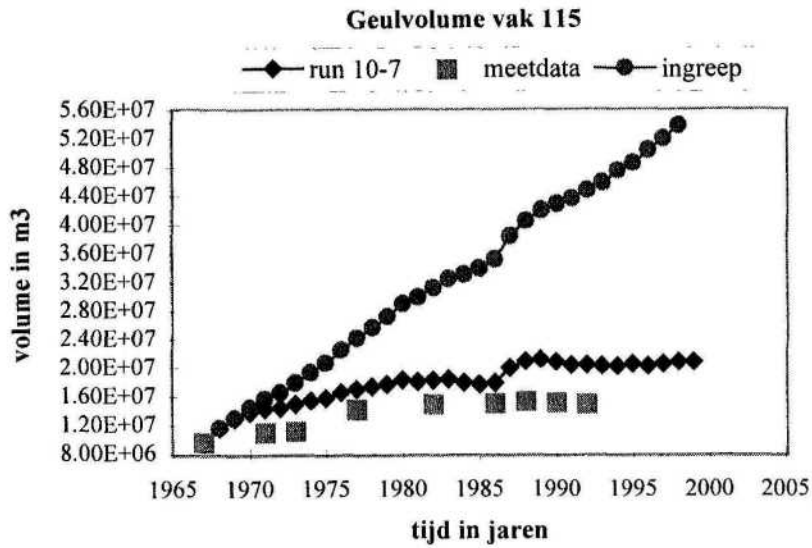


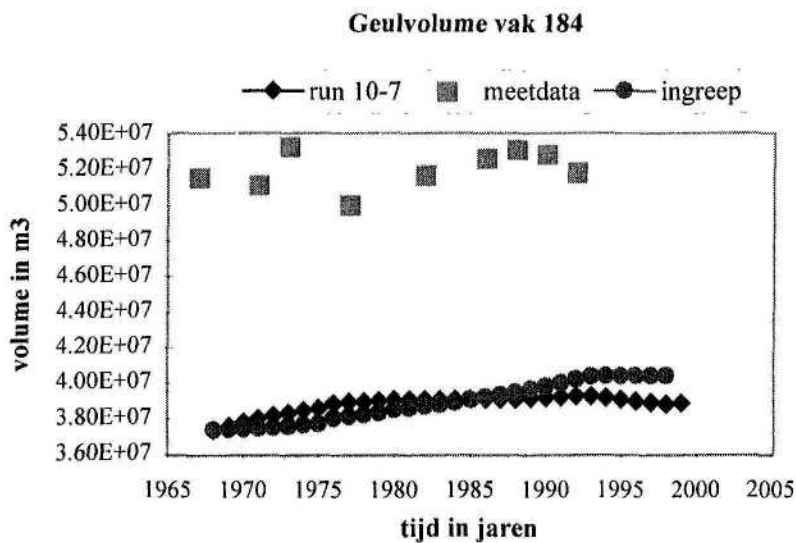
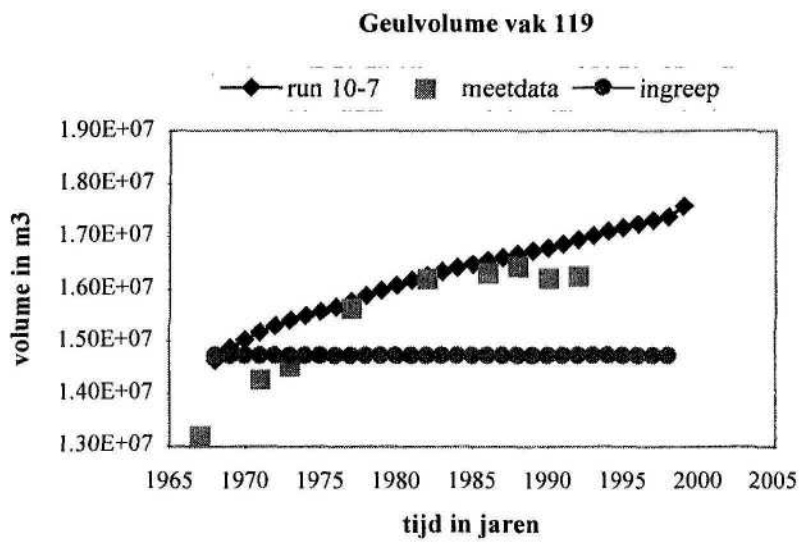
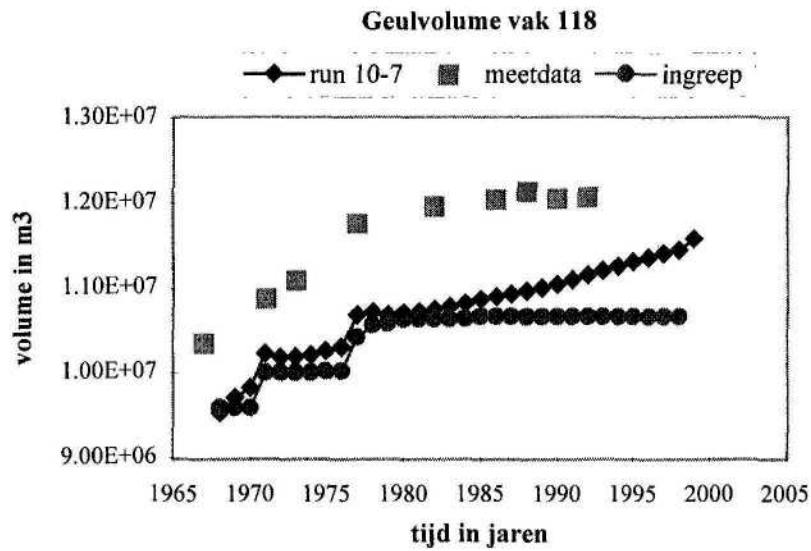
ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Estuarium

Z3105



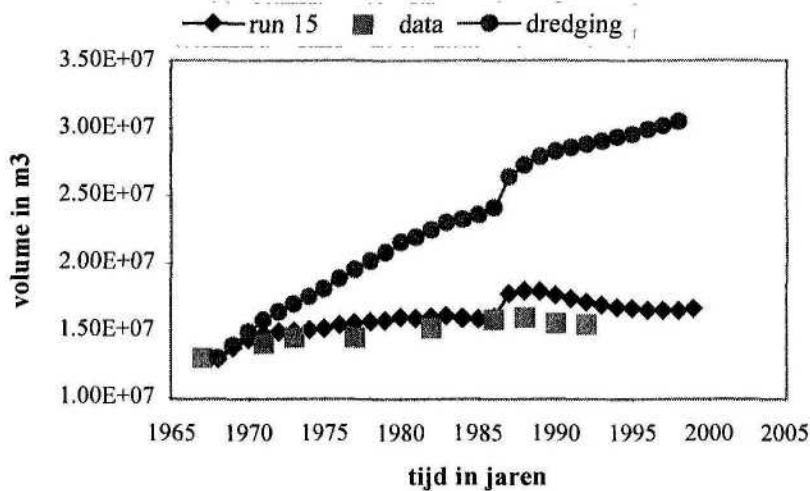




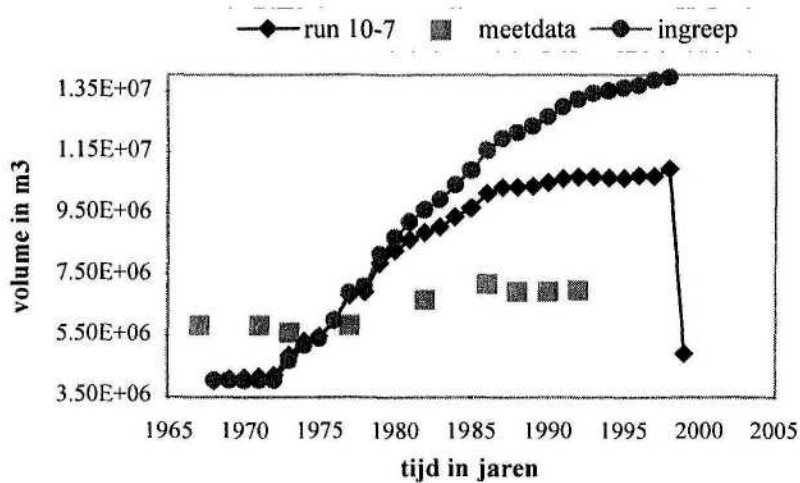




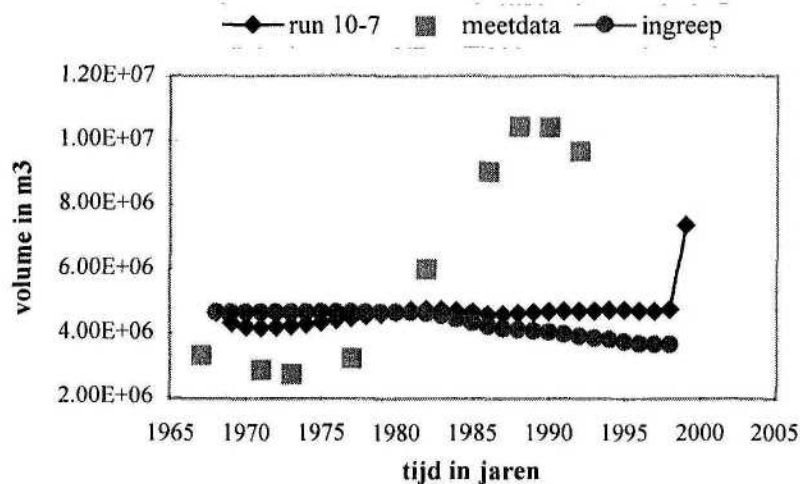
Geulvolume vak 185

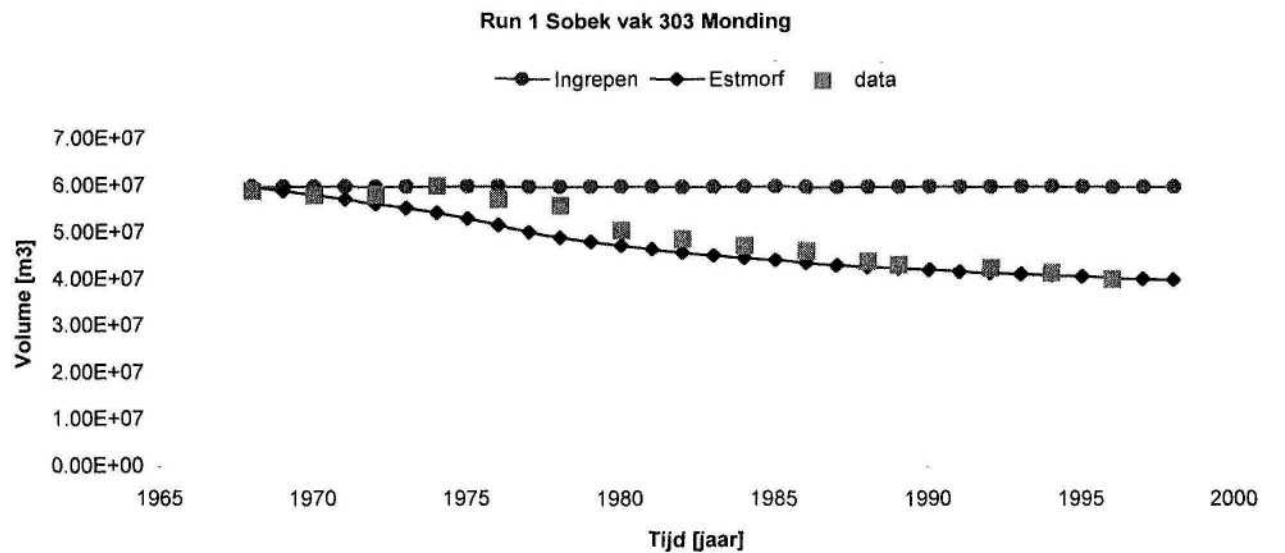
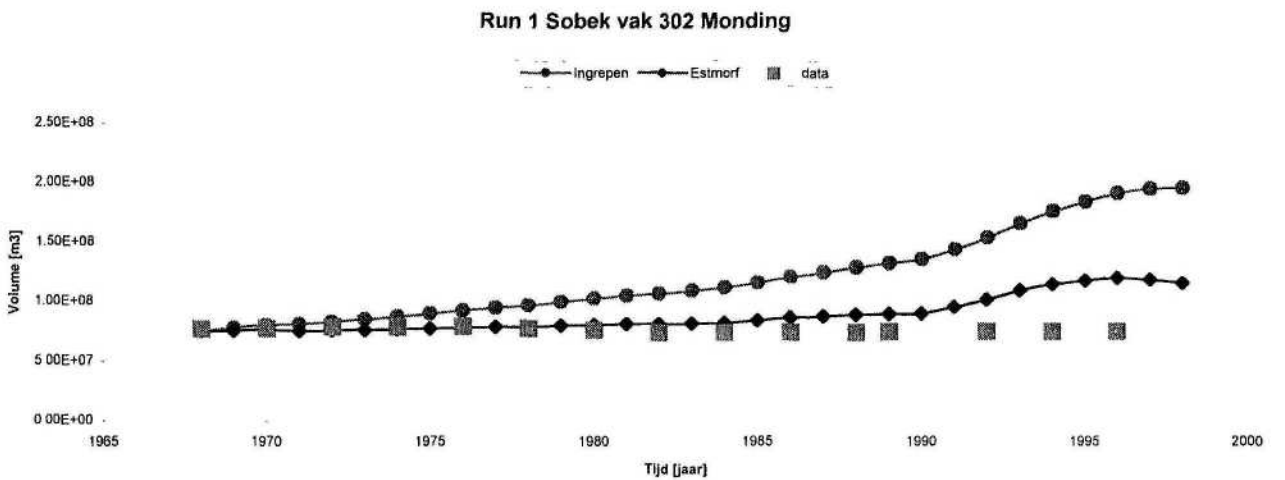
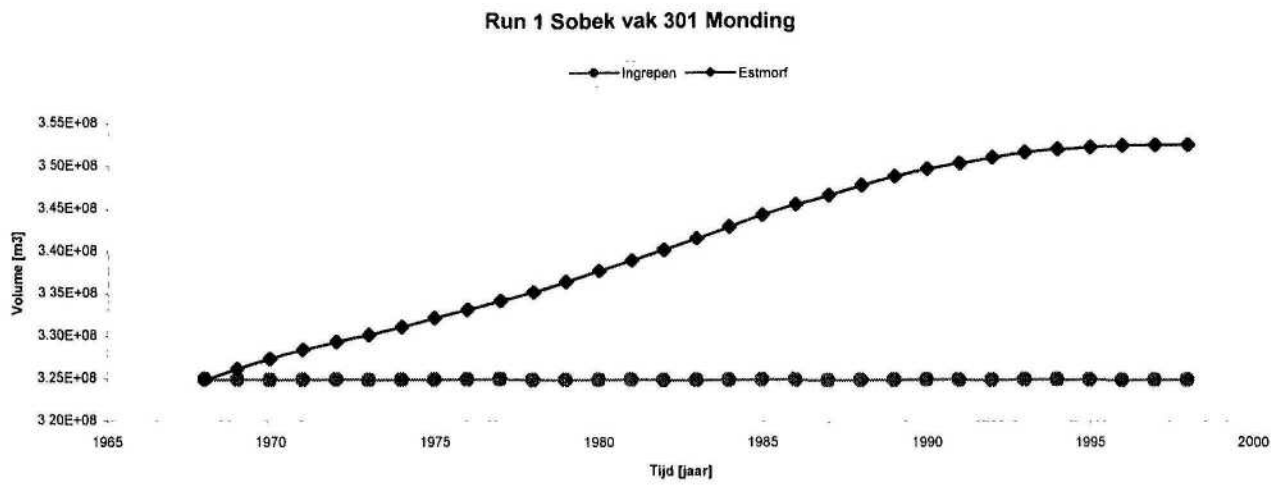


Geulvolume vak 187



Geulvolume vak 190



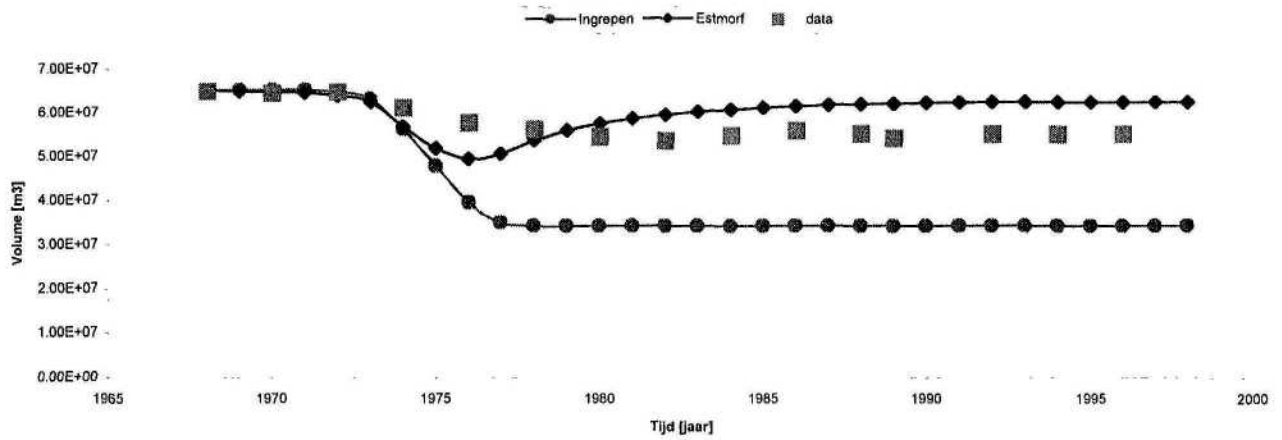


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

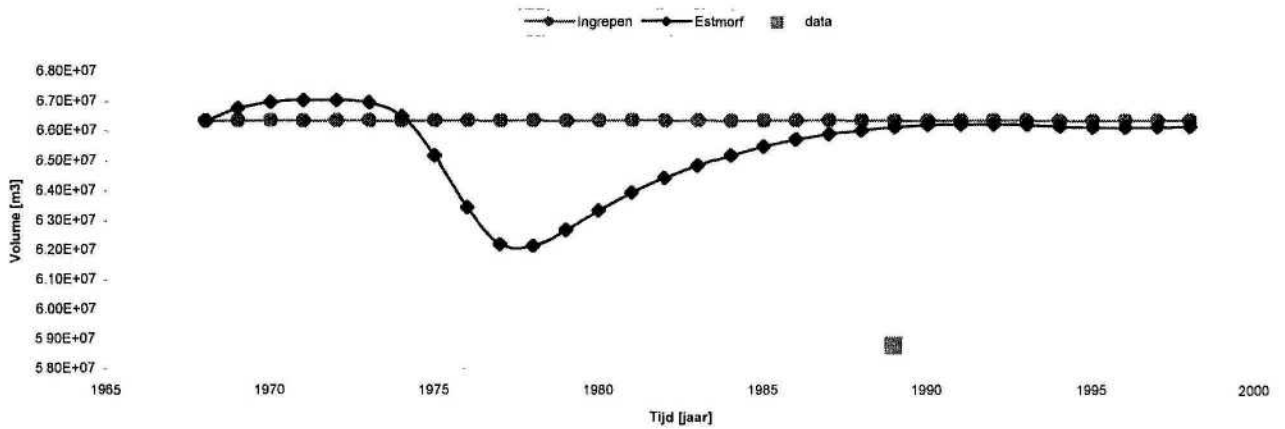
Z3105

2001

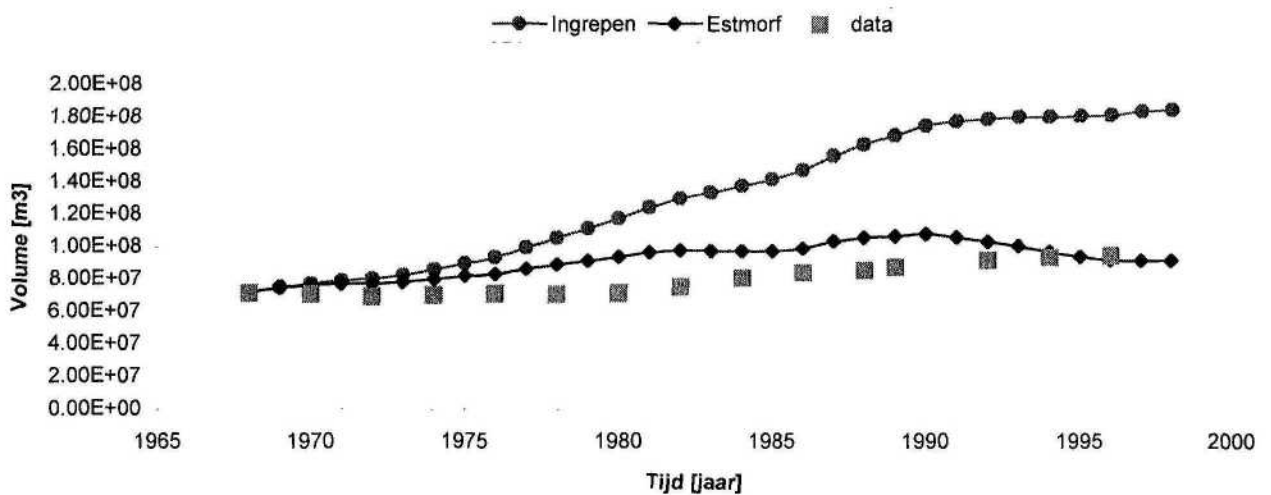
Run 1 Sobek vak 304 Monding



Run 1 Sobek vak 305 Monding



Run 1 Sobek vak 306 Monding

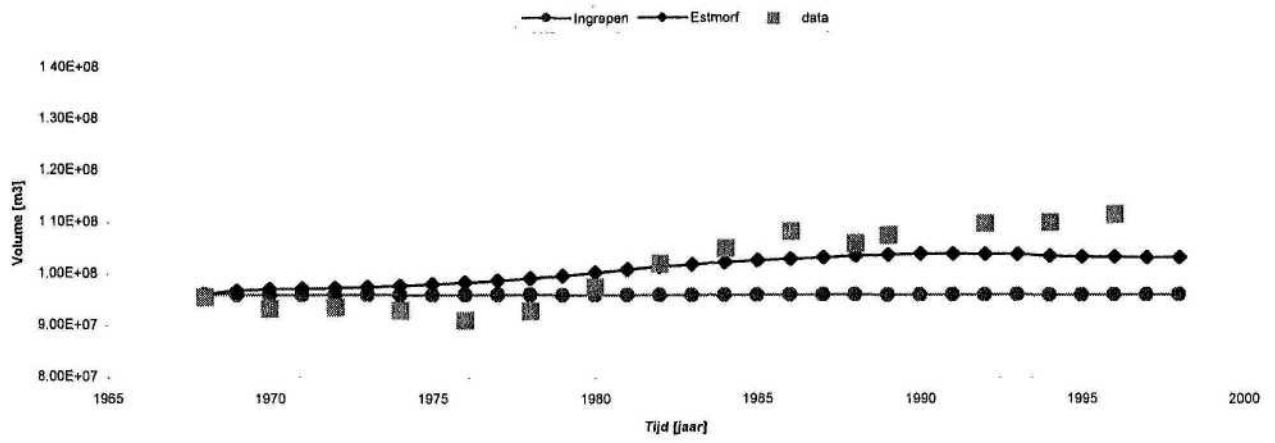


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

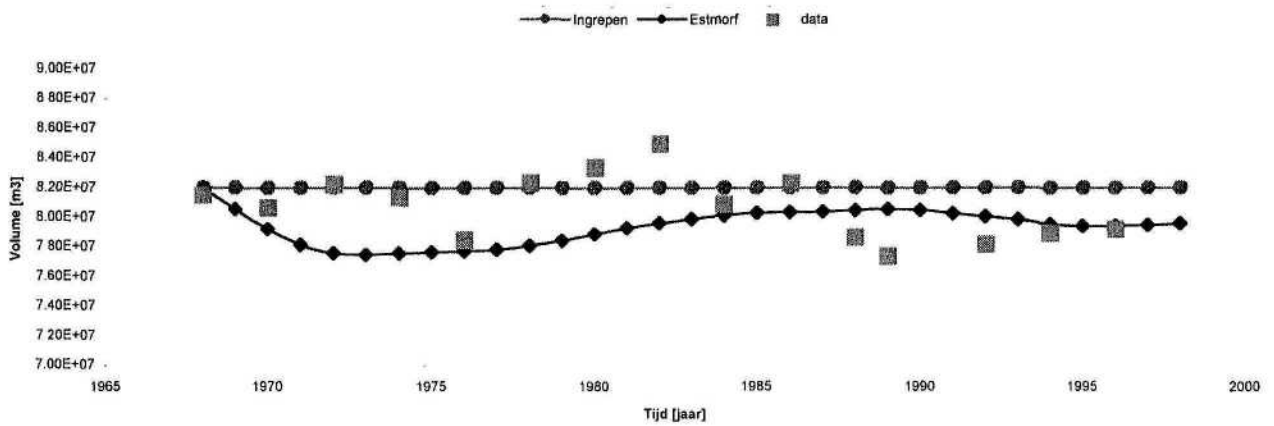
Z3105

2001

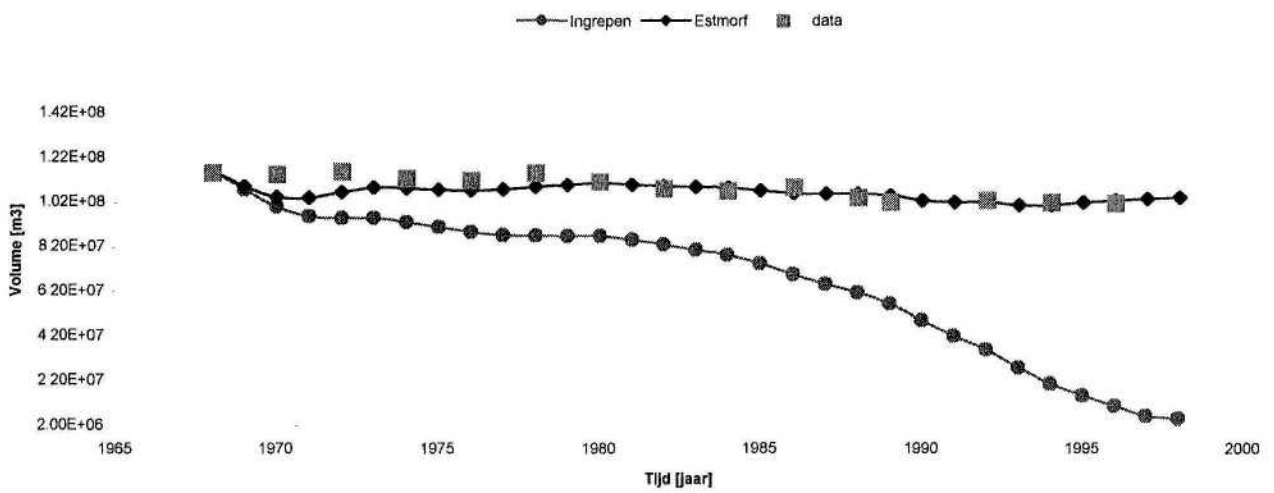
Run 1 Sobek vak 307 Monding



Run 1 Sobek vak 308 Monding



Run 1 Sobek vak 309 Monding

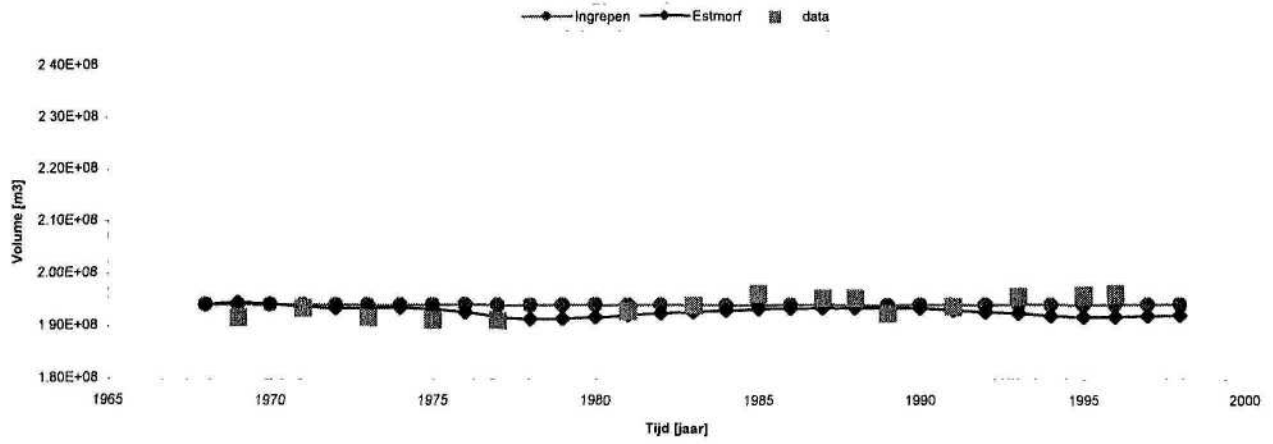


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

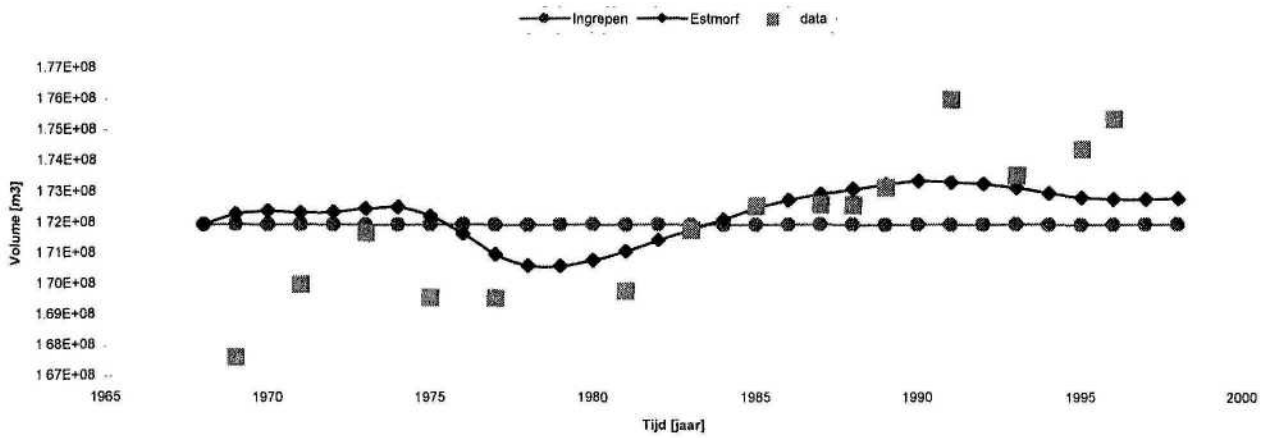
Z3105

2001

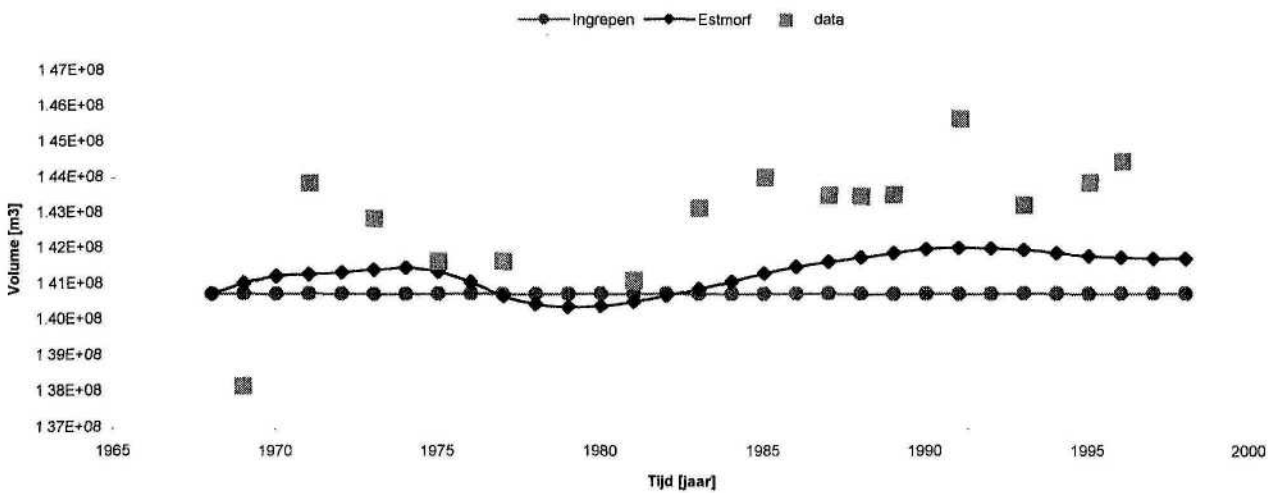
Run 1 Sobek vak 310 Monding



Run 1 Sobek vak 311 Monding



Run 1 Sobek vak 312 Monding

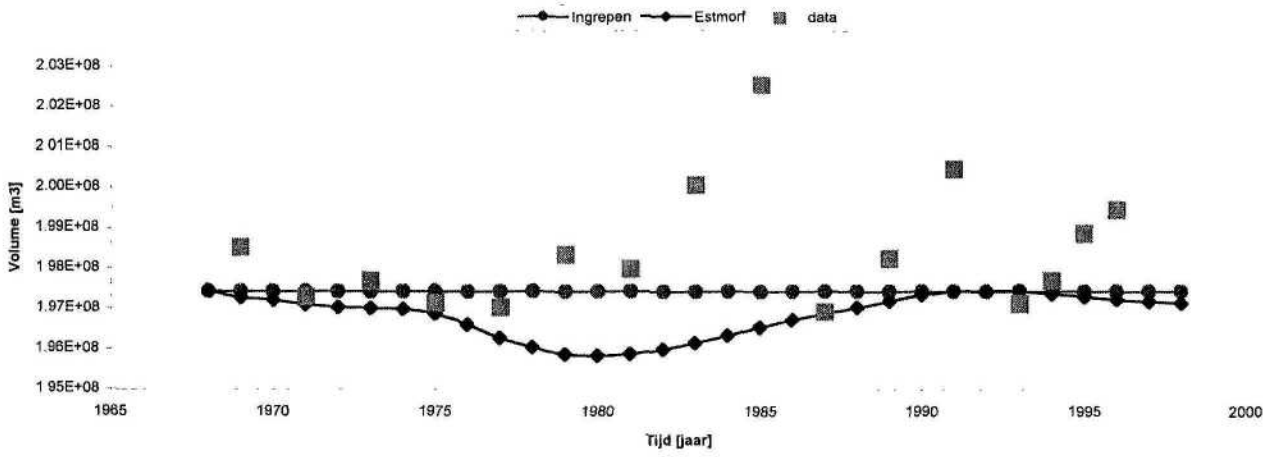


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

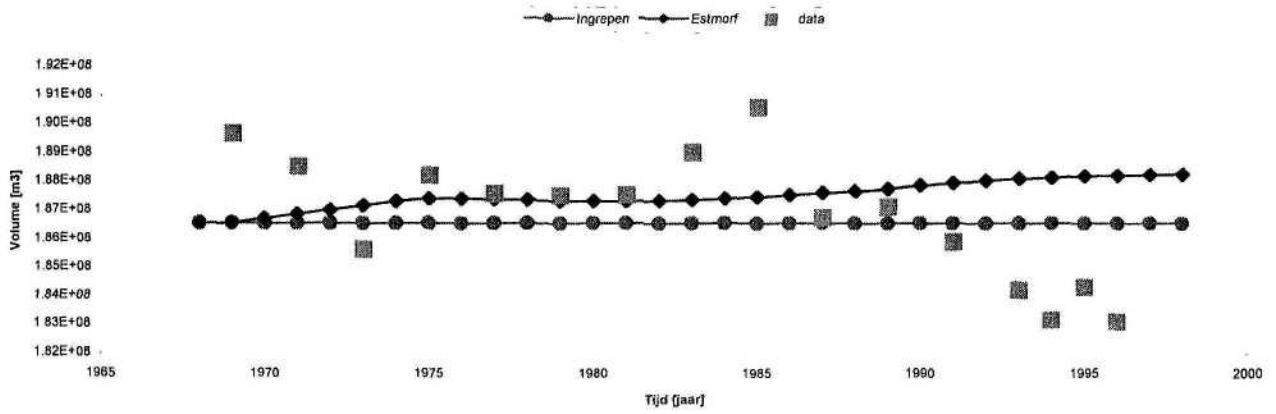
Z3105

2001

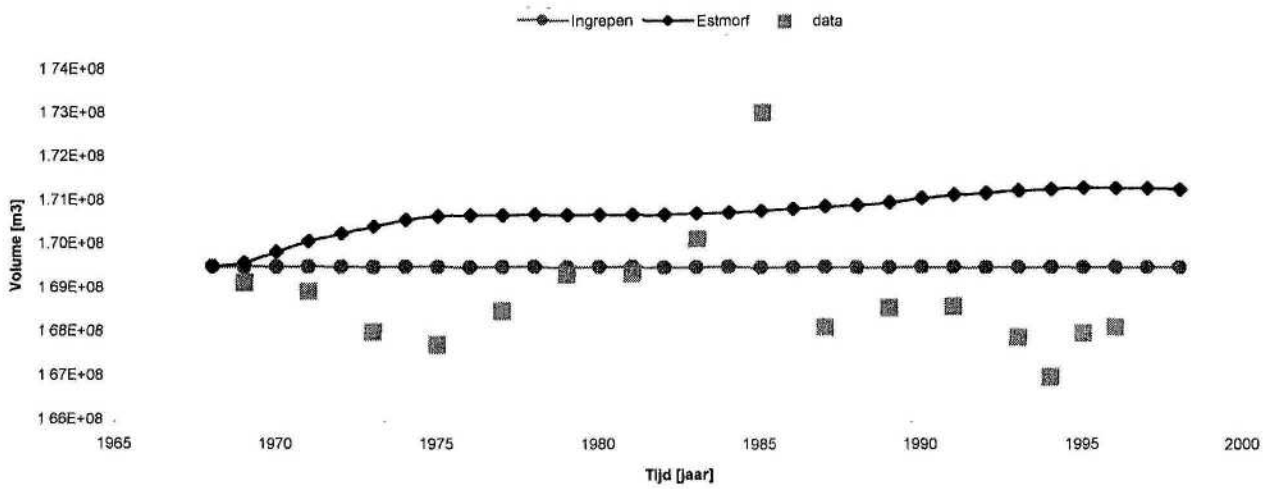
Run 1 Sobek vak 313 Monding



Run 1 Sobek vak 314 Monding



Run 1 Sobek vak 315 Monding



ESTMORF Westerschelde

Run 10-7 Monding

Z3105

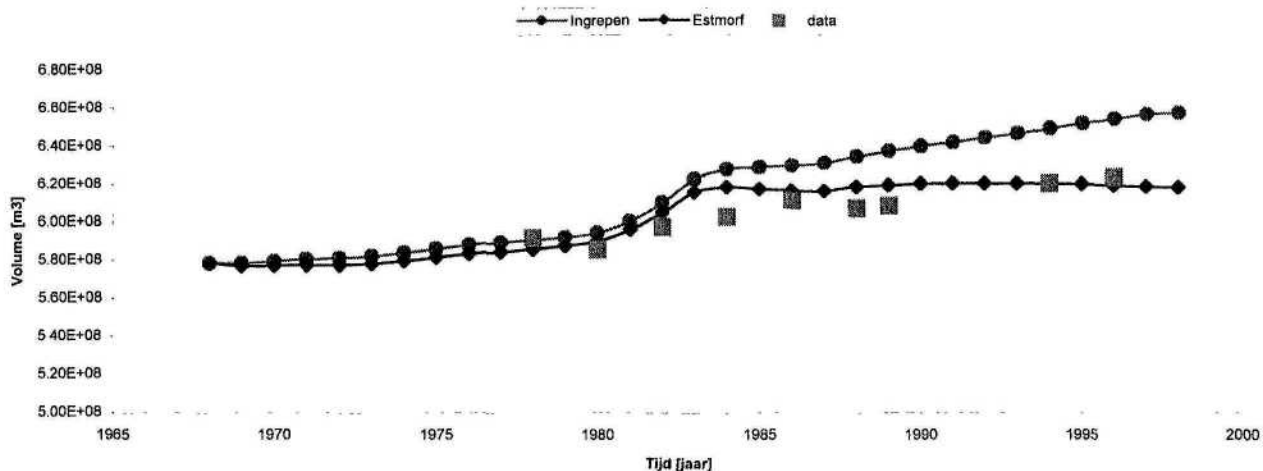
2001

WL | DELFT HYDRAULICS

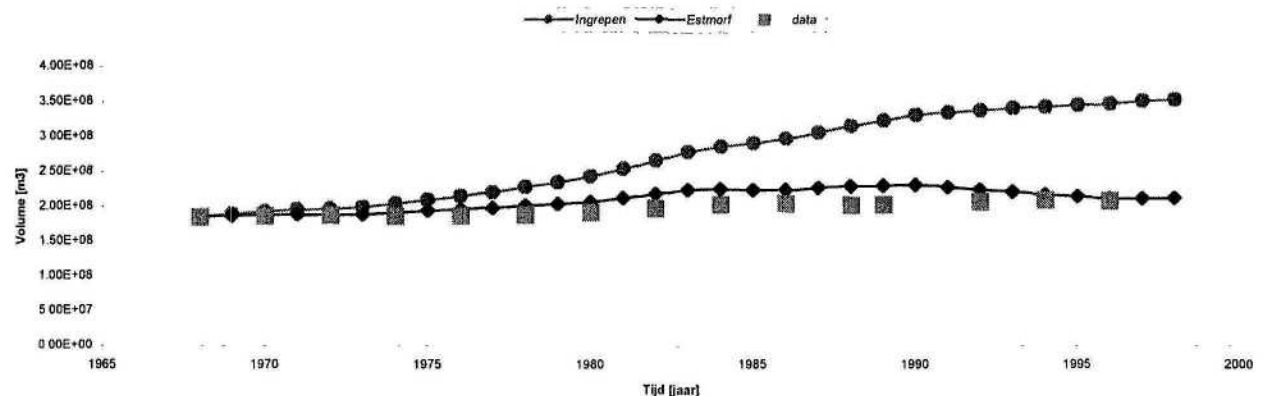
Fig. 3.8



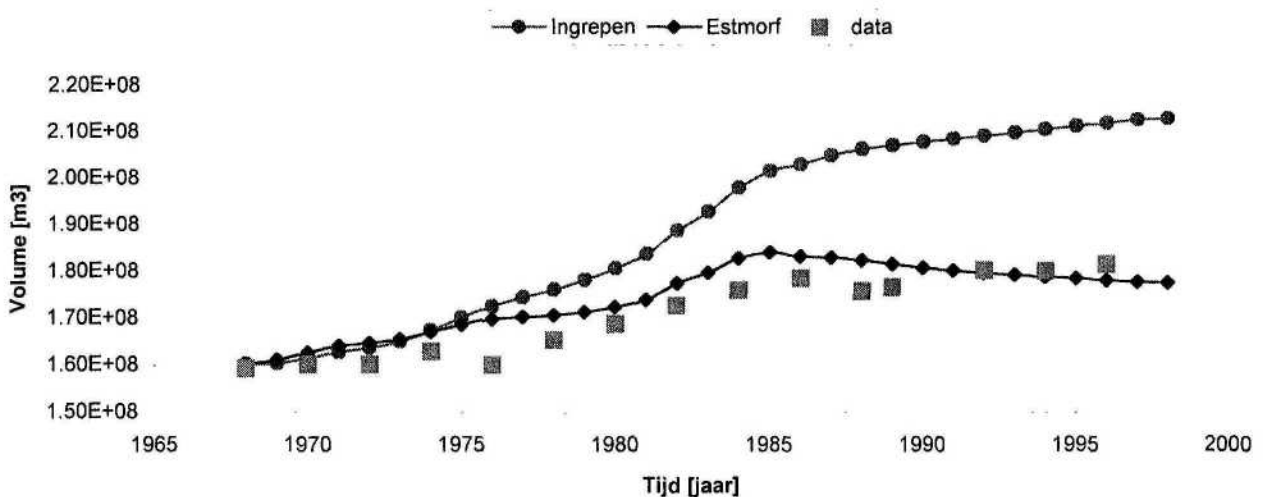
Run 1 Sobek vak 316 Monding



Run 1 Sobek vak 317 Monding



Run 1 Sobek vak 318 Monding

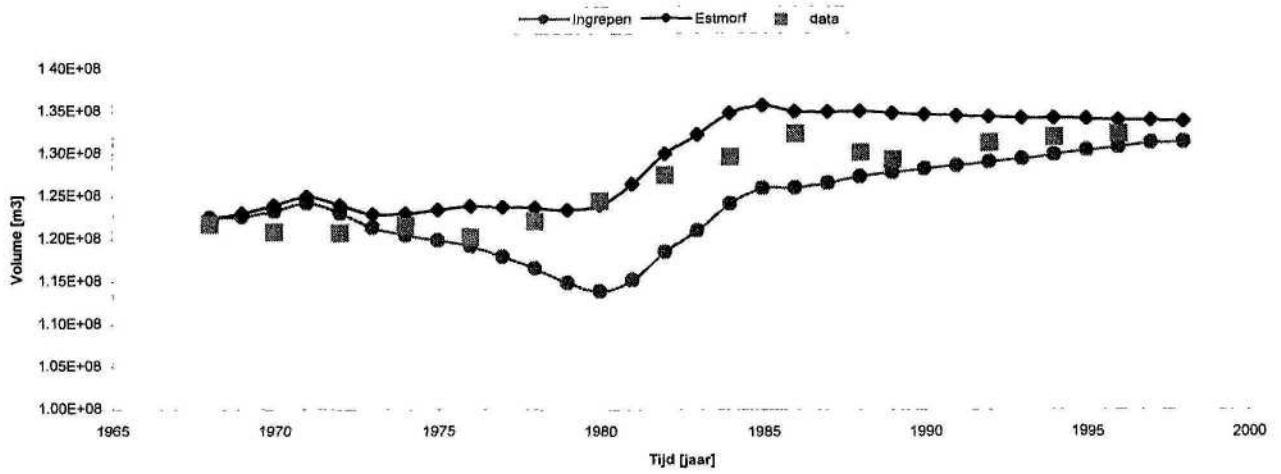


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

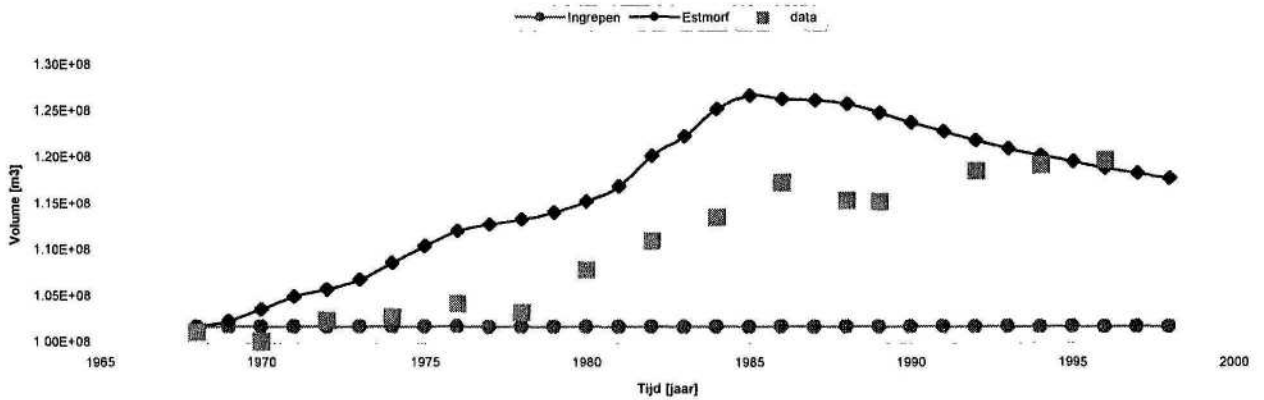
Z3105

2001

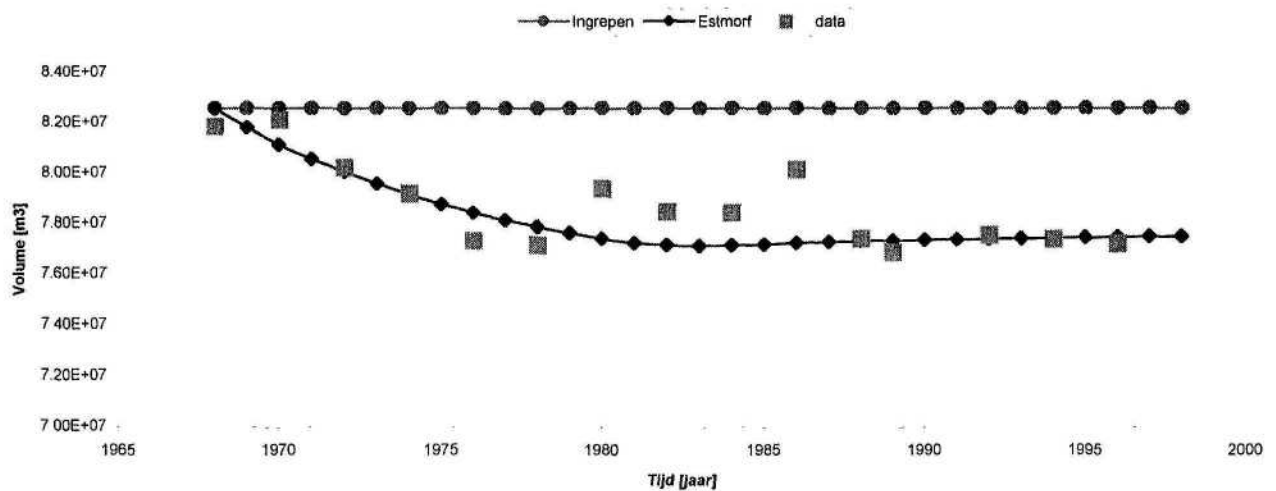
Run 1 Sobek vak 319 Monding



Run 1 Sobek vak 320 Monding



Run 1 Sobek vak 321 Monding

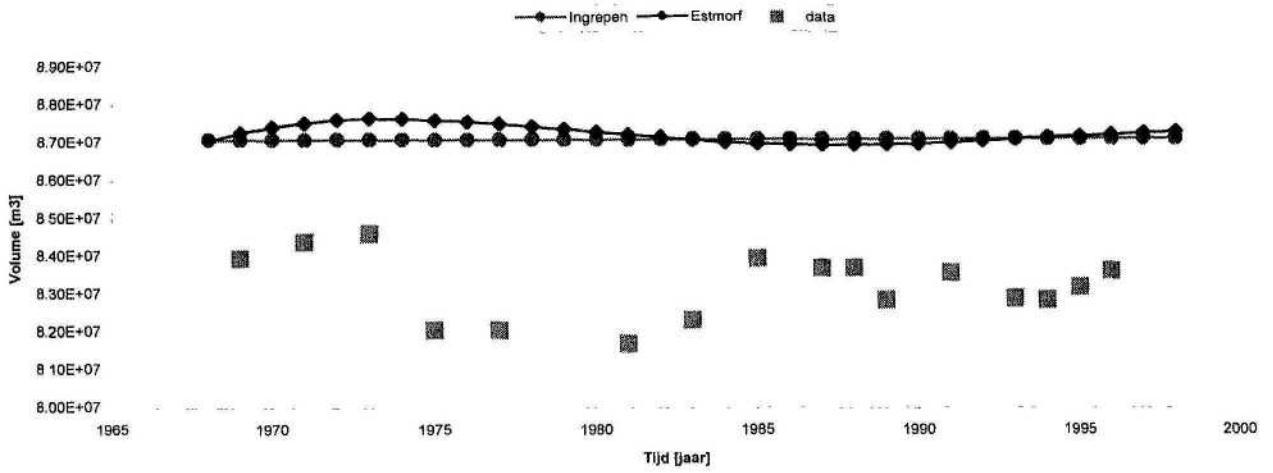


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

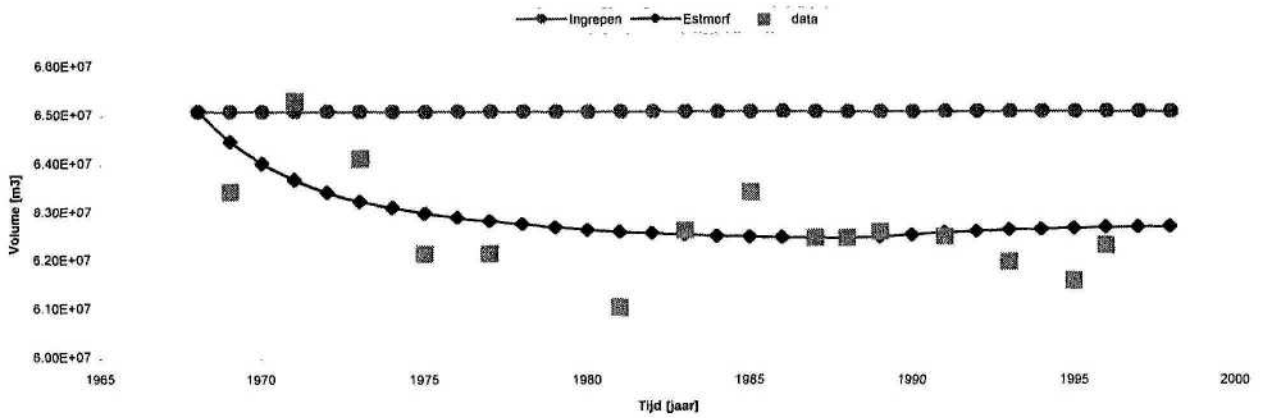
Z3105

2001

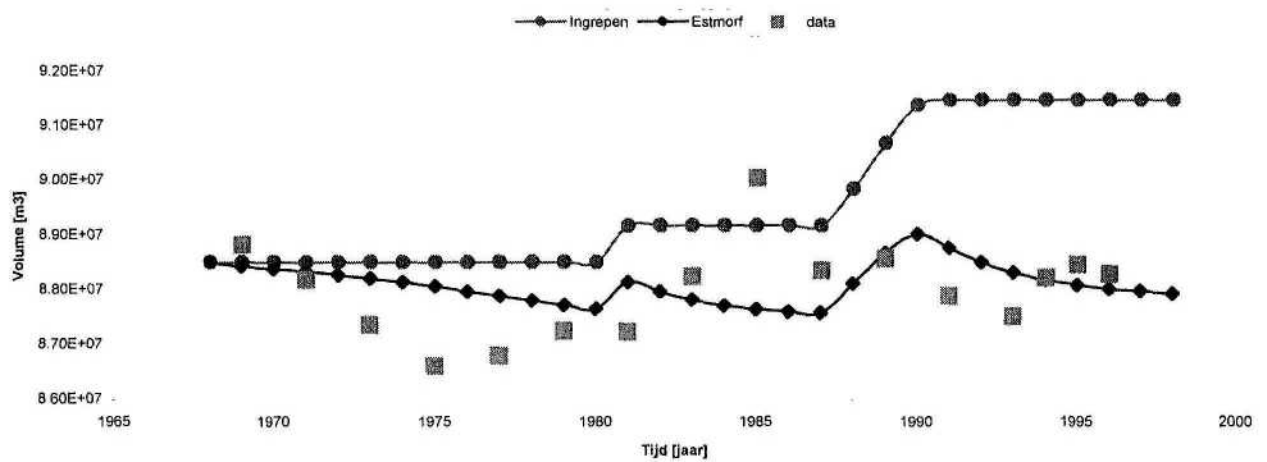
Run 1 Sobek vak 322 Monding



Run 1 Sobek vak 323 Monding



Run 1 Sobek vak 324 Monding

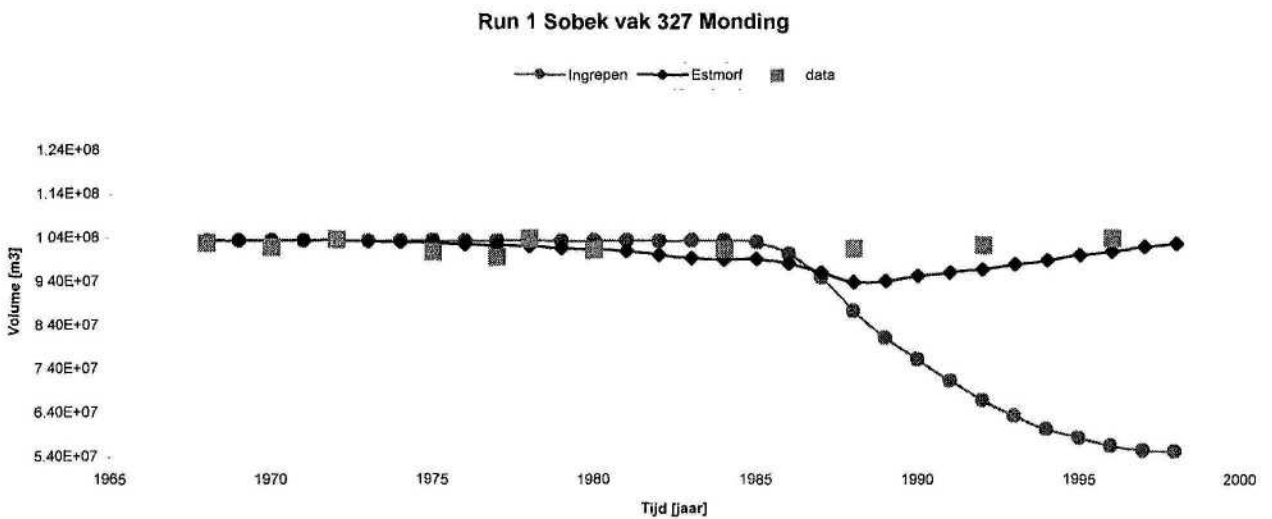
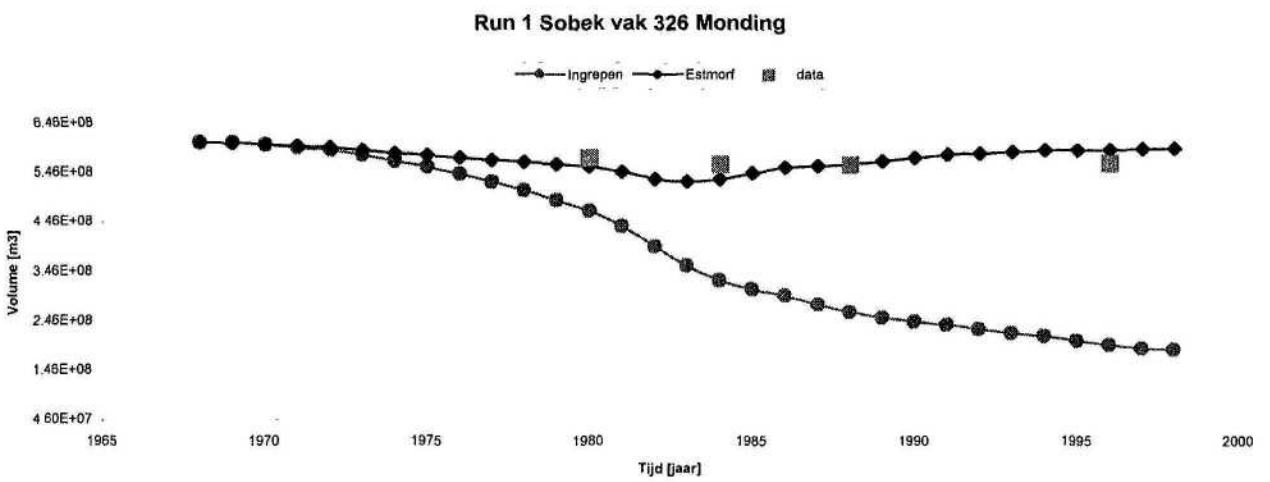
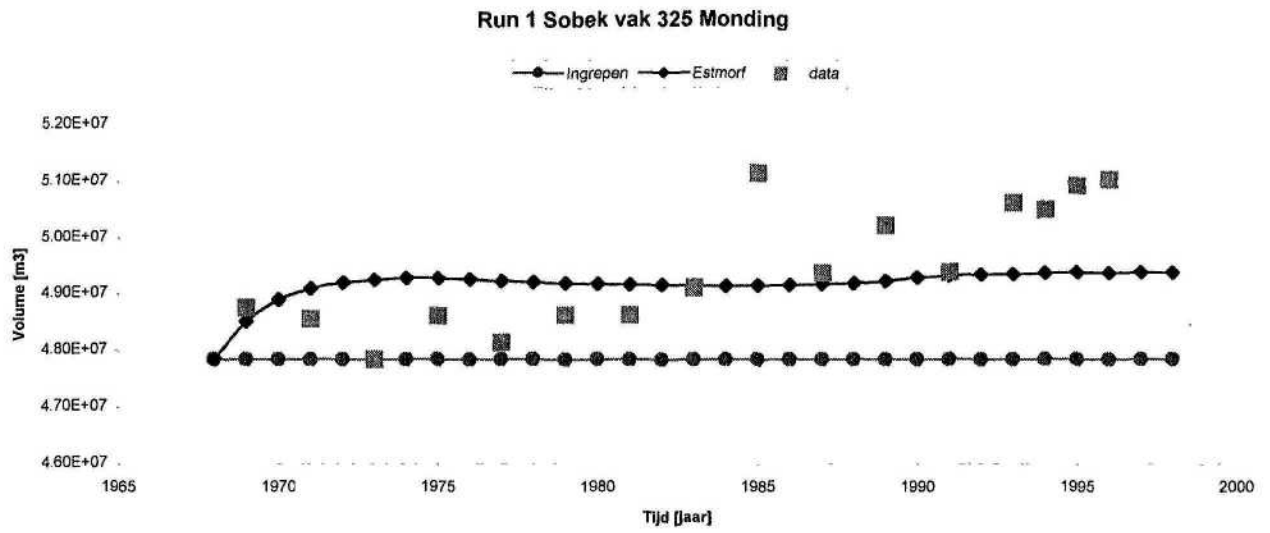


ESTMORF Westerschelde

Run 10-7 Monding

Z3105

2001



ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

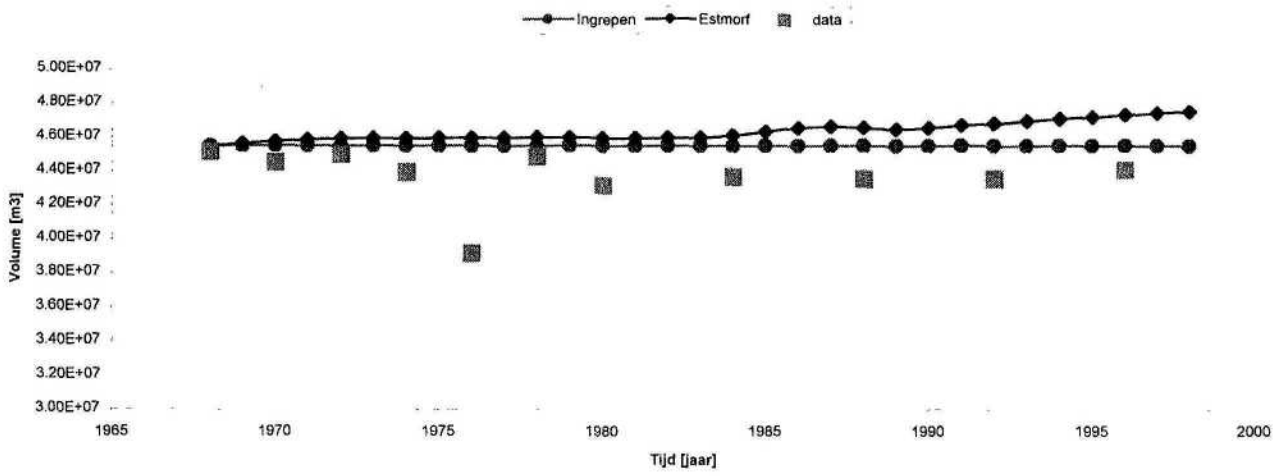
Z3105

2001

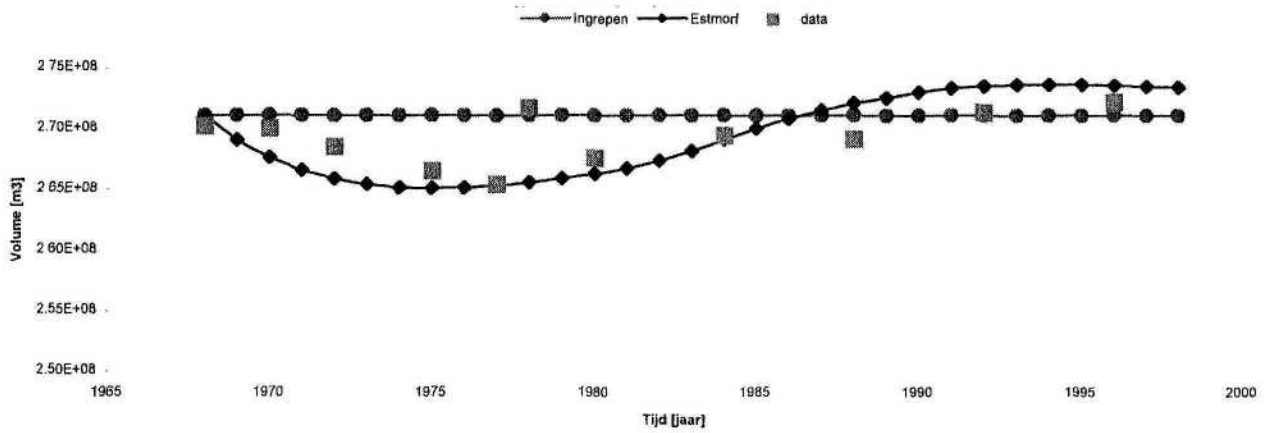
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 3.8

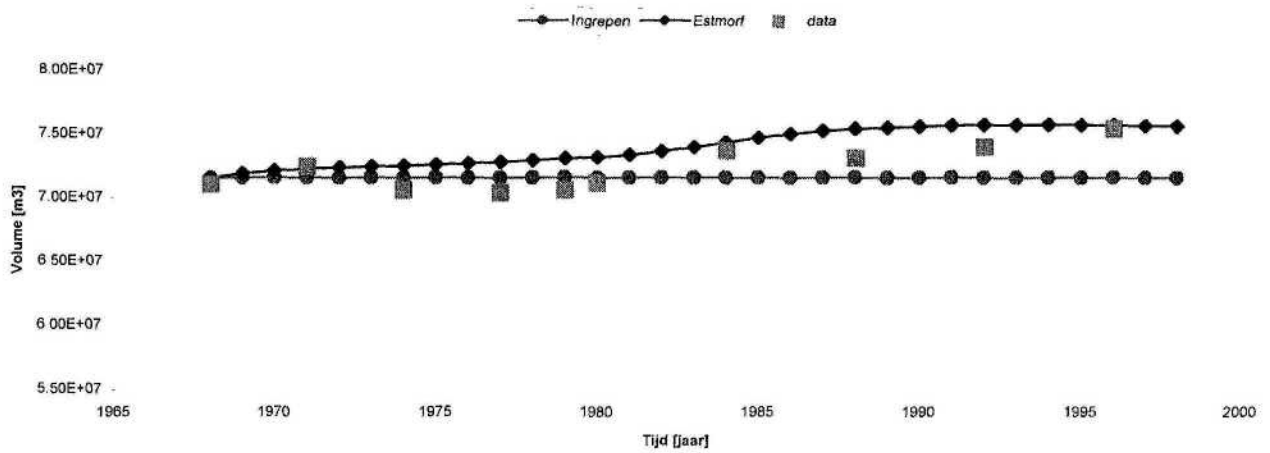
Run 1 Sobek vak 328 Monding



Run 1 Sobek vak 329 Monding



Run 1 Sobek vak 330 Monding

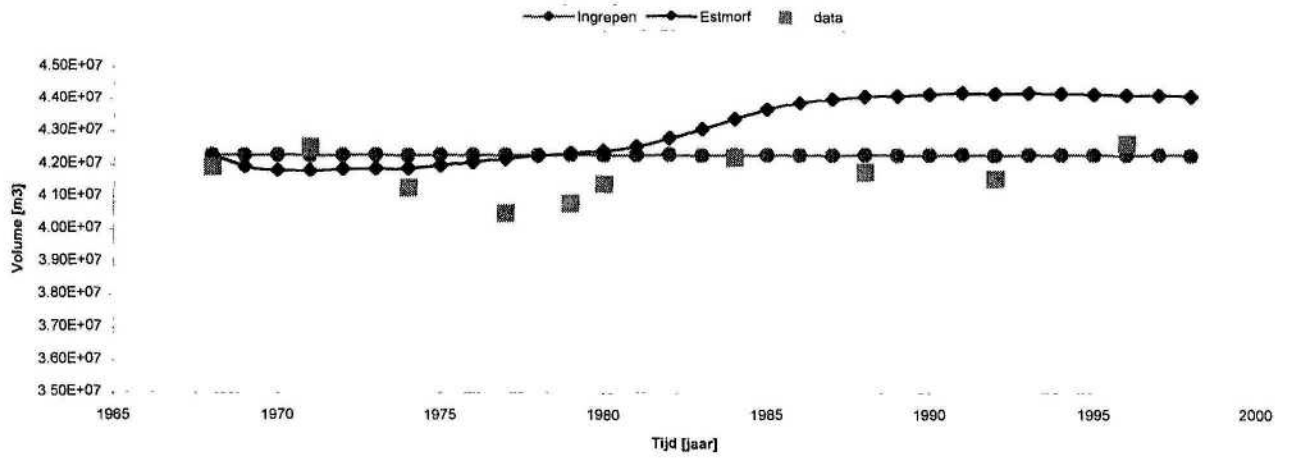


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

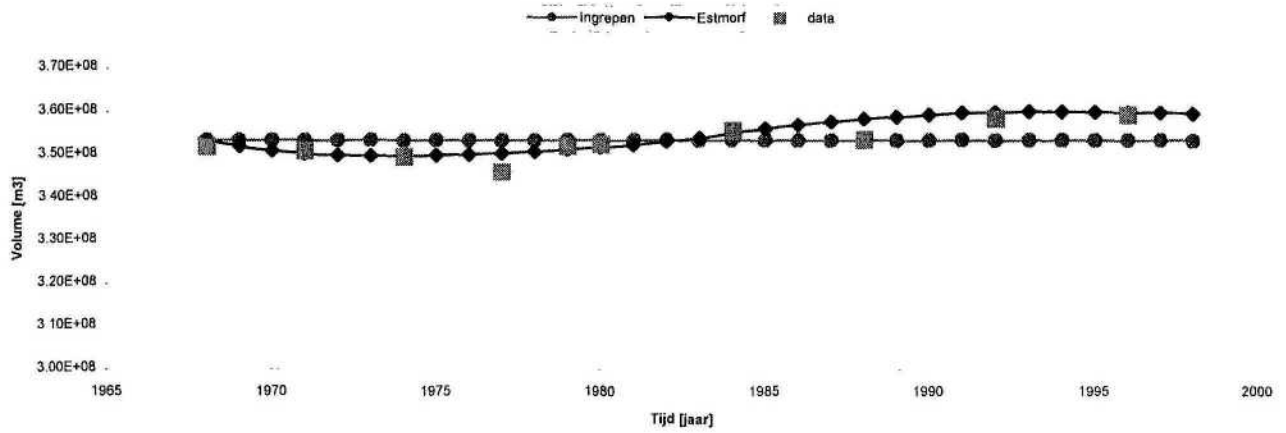
Z3105

2001

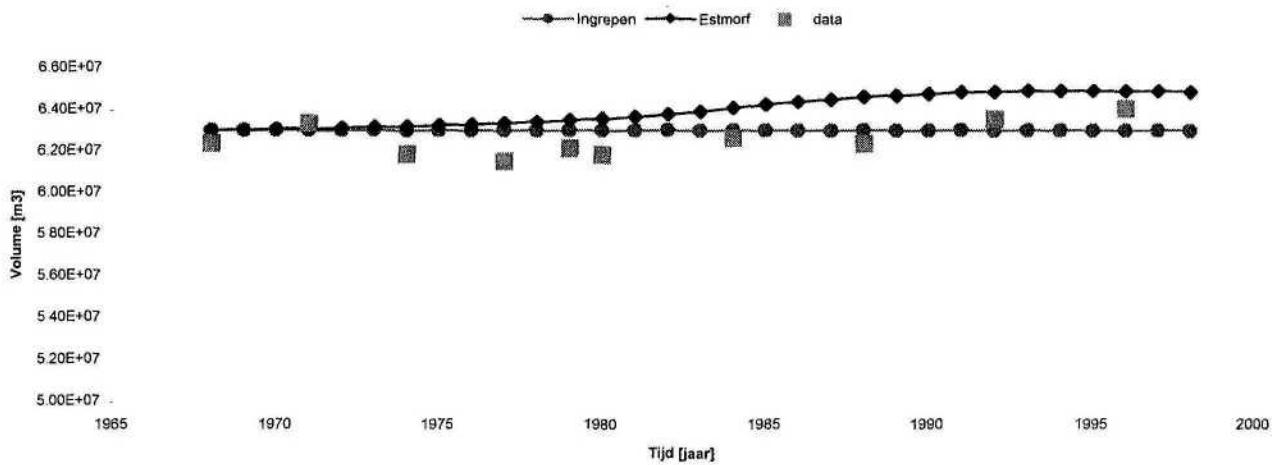
Run 1 Sobek vak 331 Monding



Run 1 Sobek vak 332 Monding



Run 1 Sobek vak 333 Monding



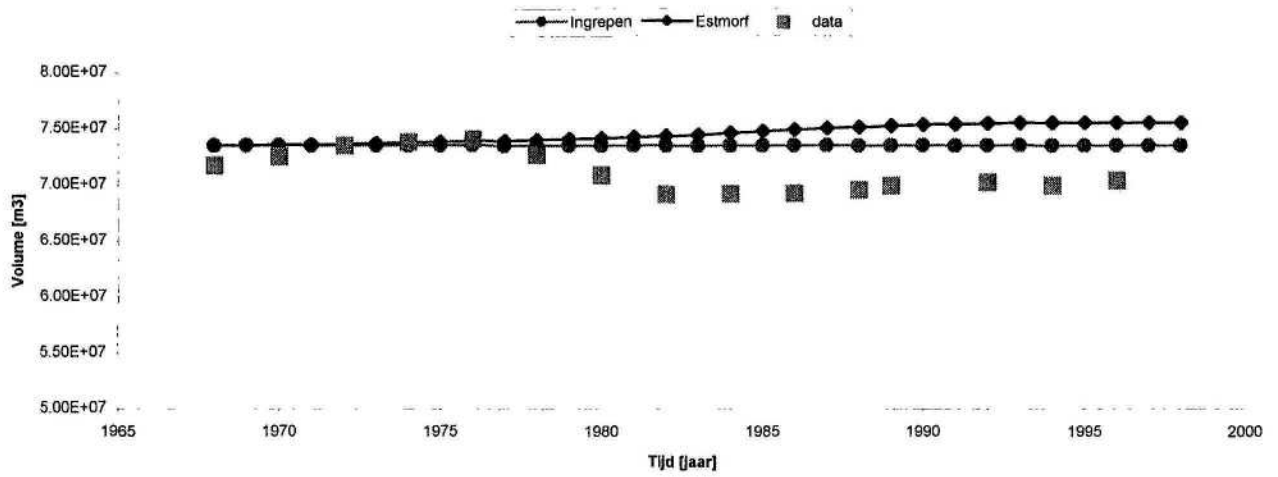
ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

Z3105

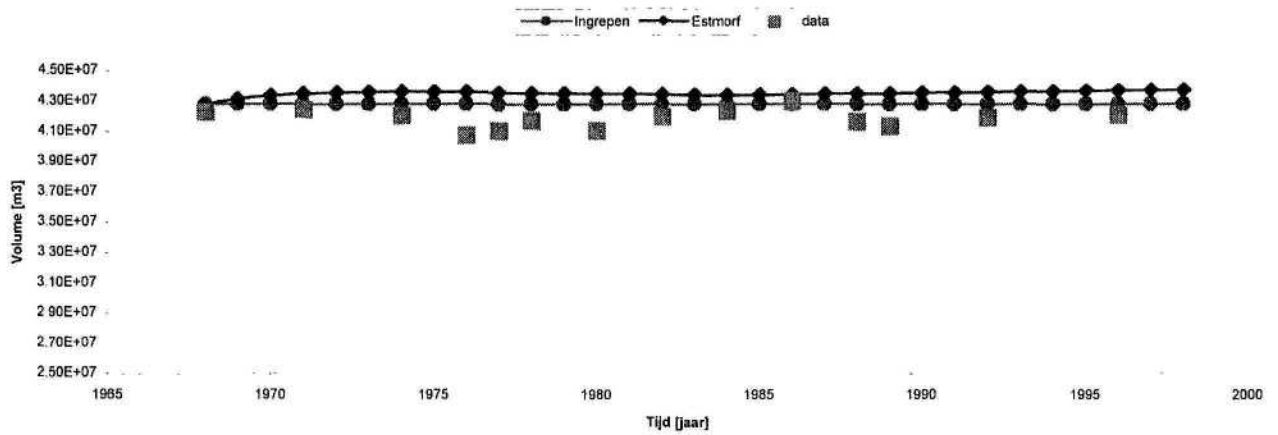
2001



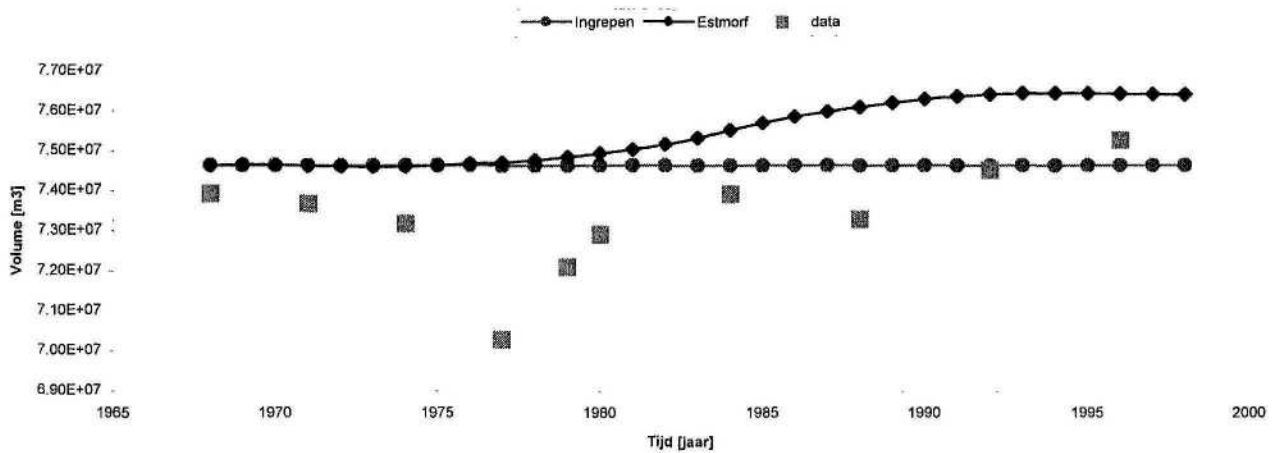
Run 1 Sobek vak 334 Monding



Run 1 Sobek vak 335 Monding



Run 1 Sobek vak 336 Monding

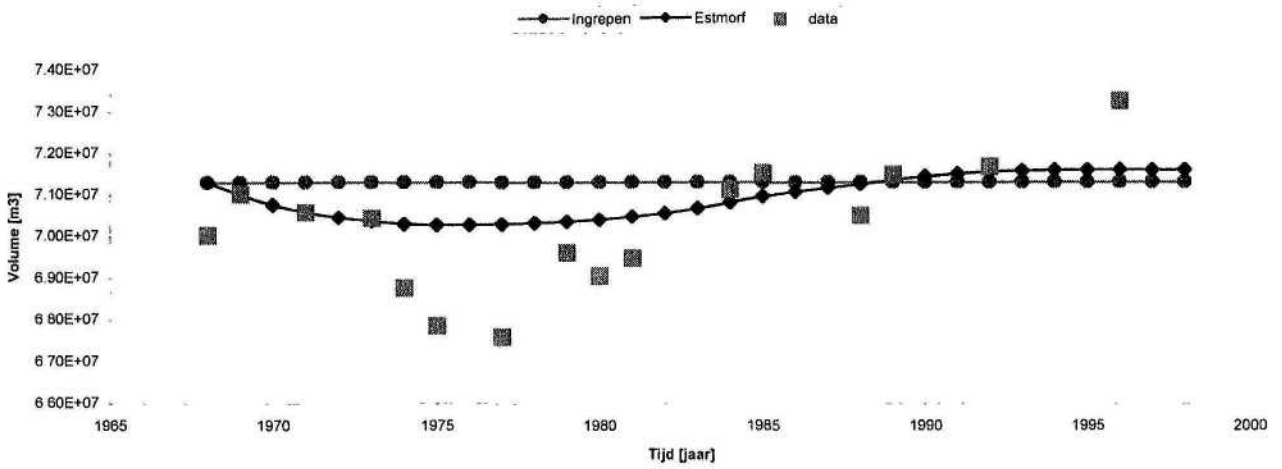


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

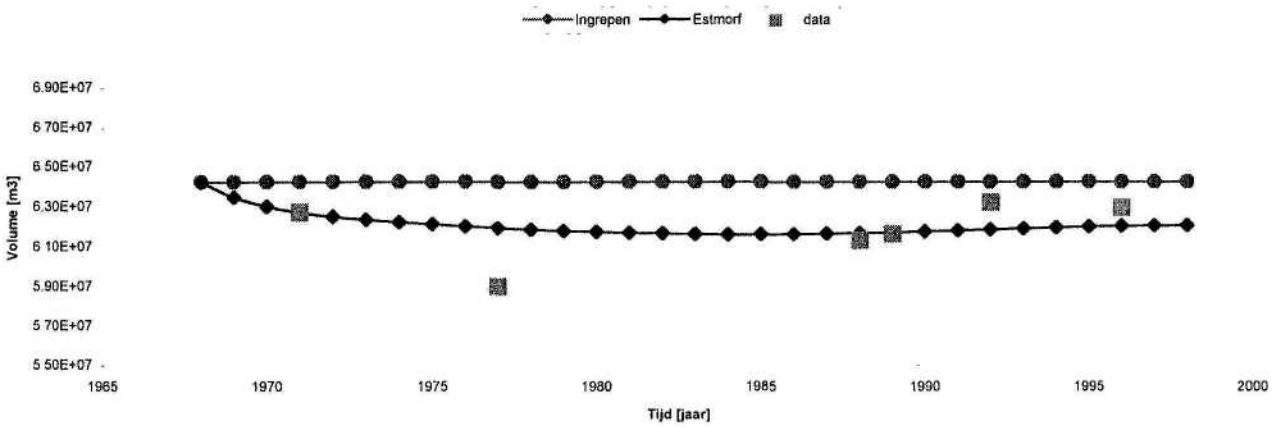
Z3105

2001

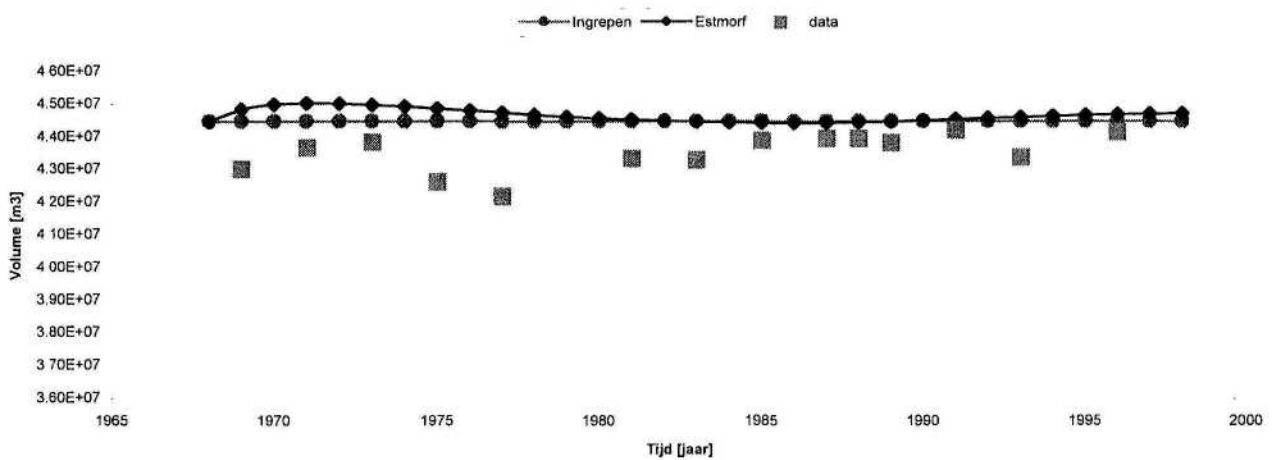
Run 1 Sobek vak 337 Monding



Run 1 Sobek vak 338 Monding



Run 1 Sobek vak 339 Monding

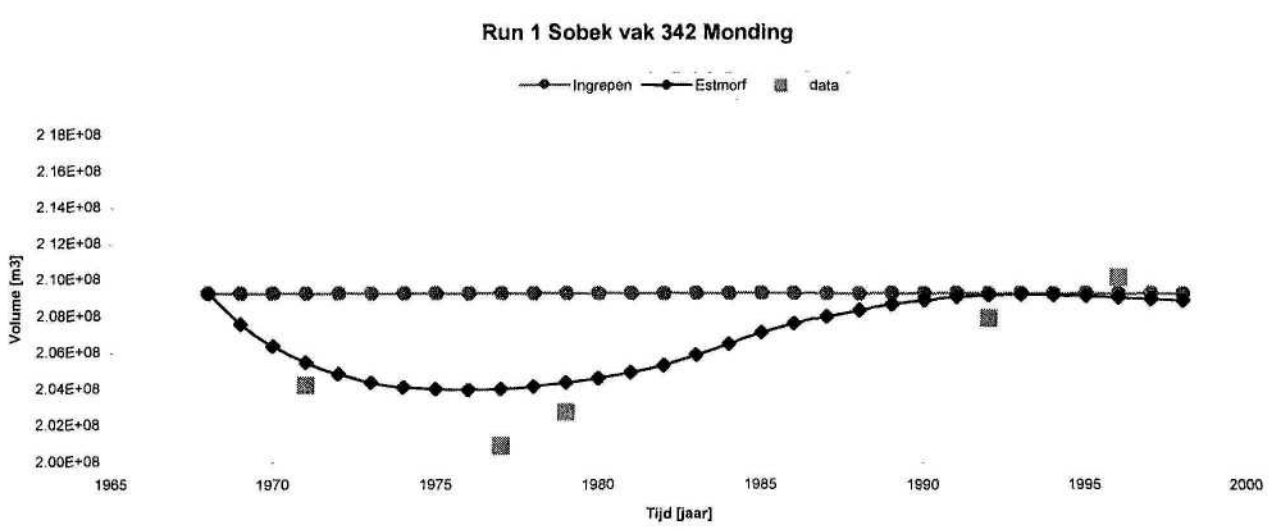
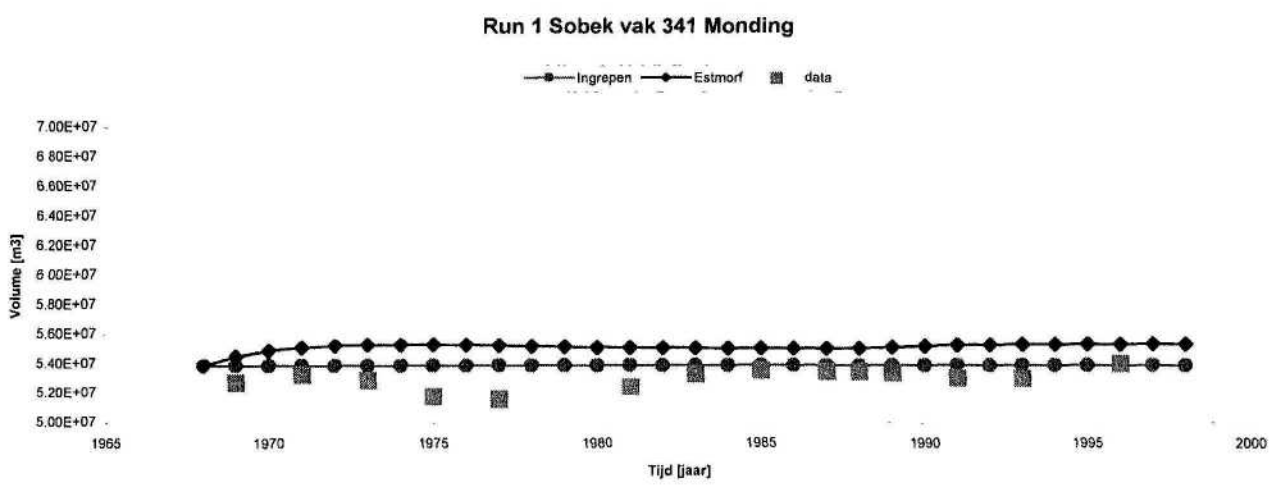
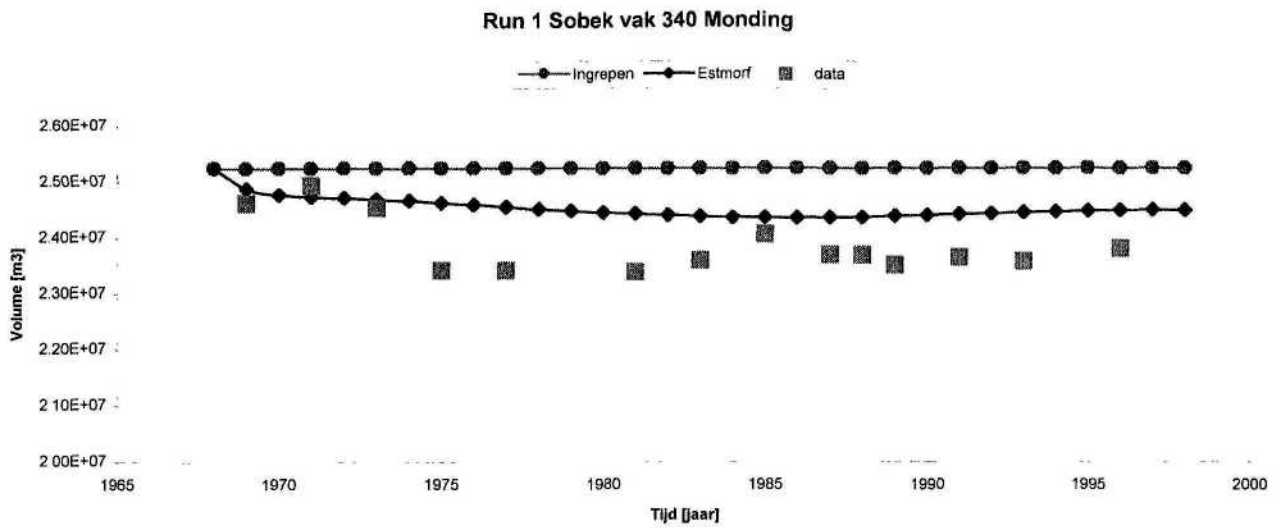


ESTMORF Westerschelde

Run 10-7 Monding

Z3105

2001

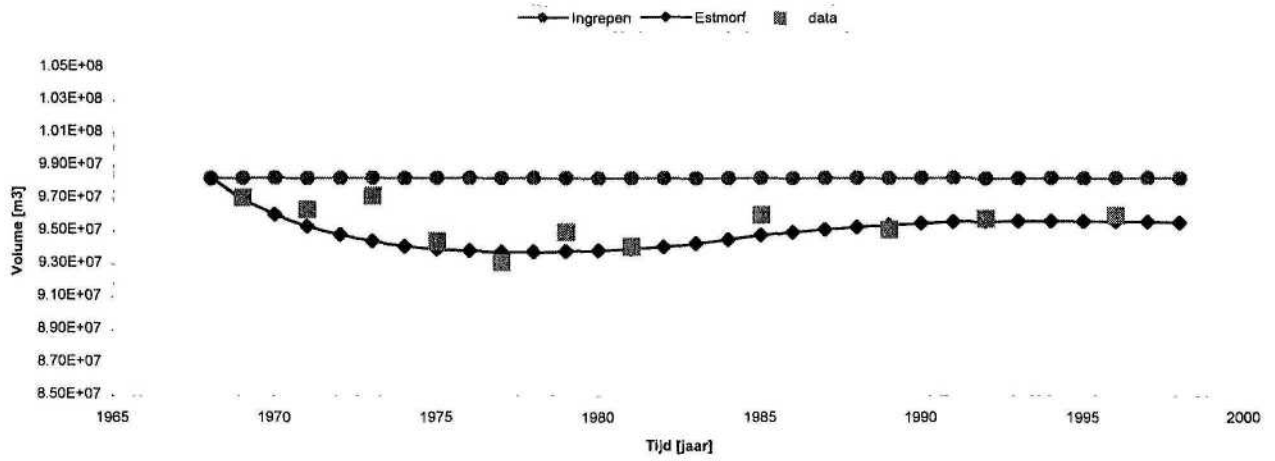


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

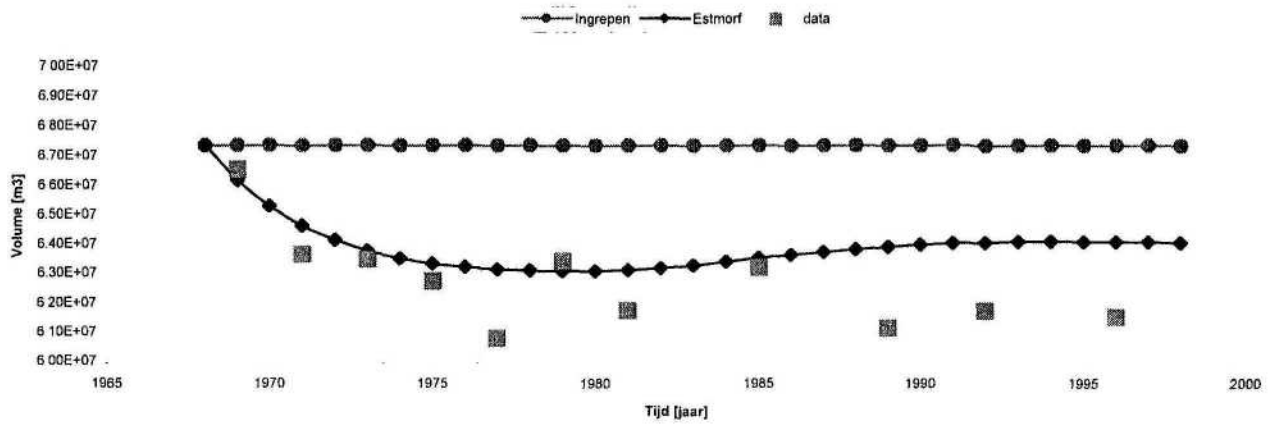
Z3105

2001

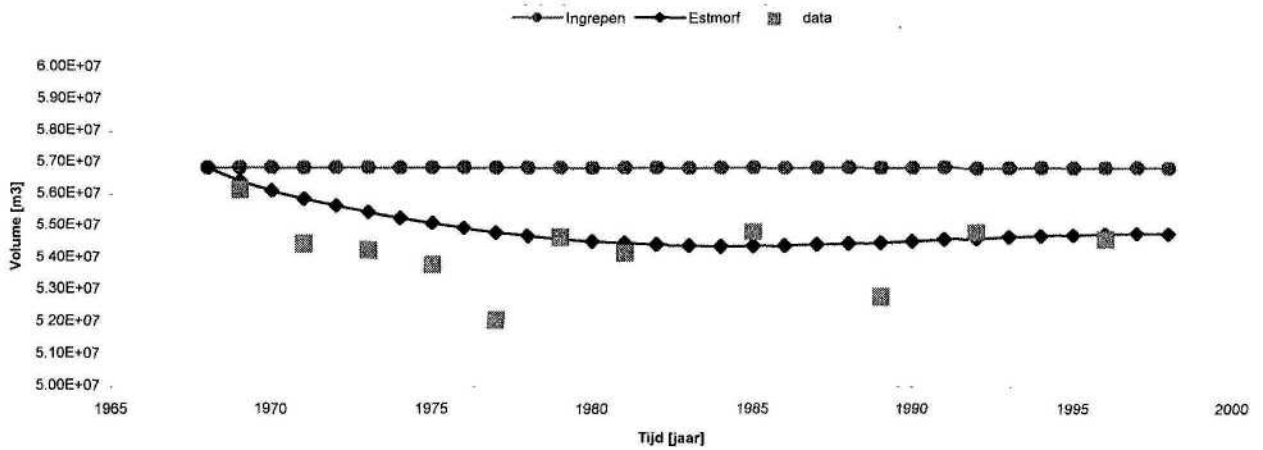
Run 1 Sobek vak 343 Monding



Run 1 Sobek vak 344 Monding



Run 1 Sobek vak 345 Monding



ESTMORF Westerschelde

Run 10-7 Monding

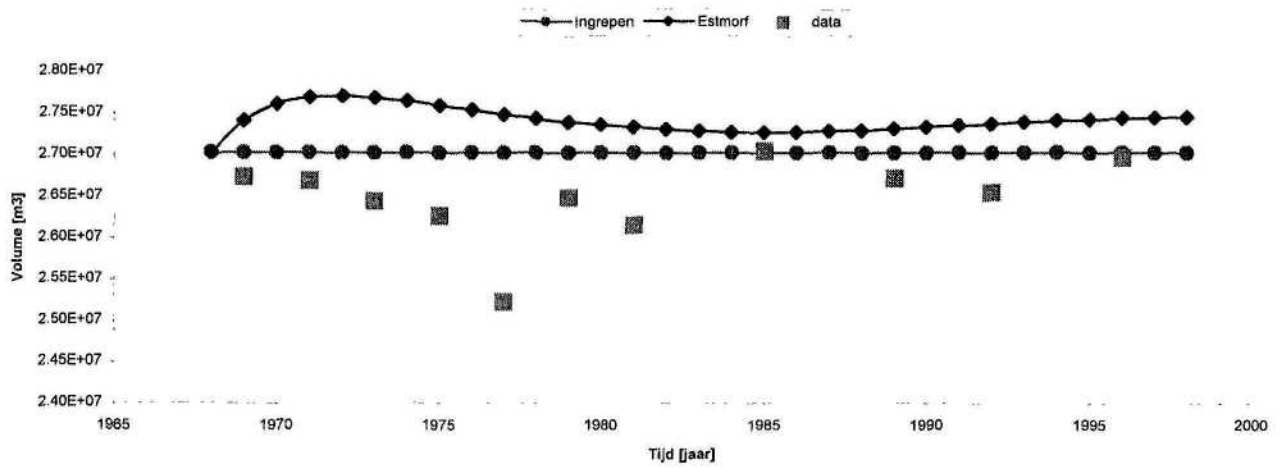
Z3105

2001

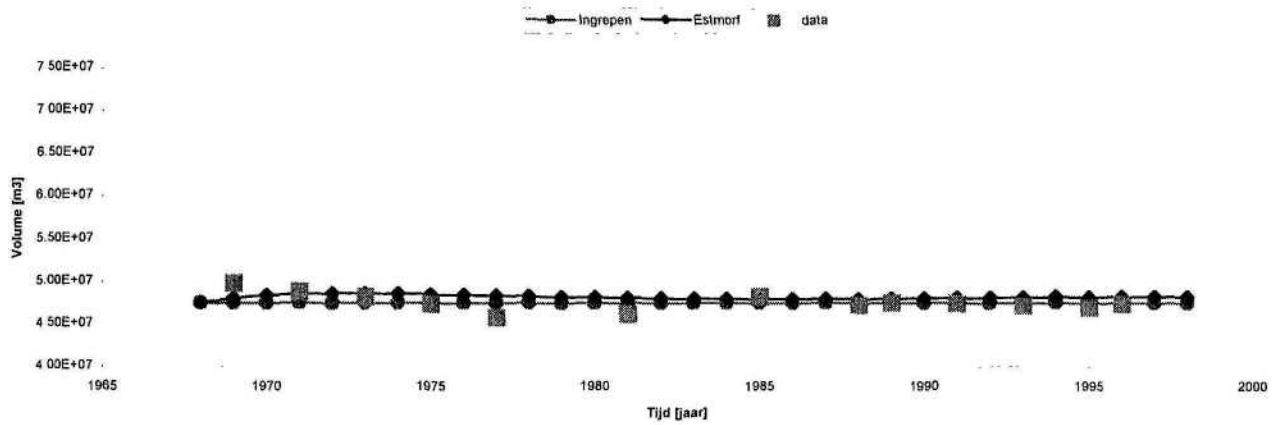
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 3.8

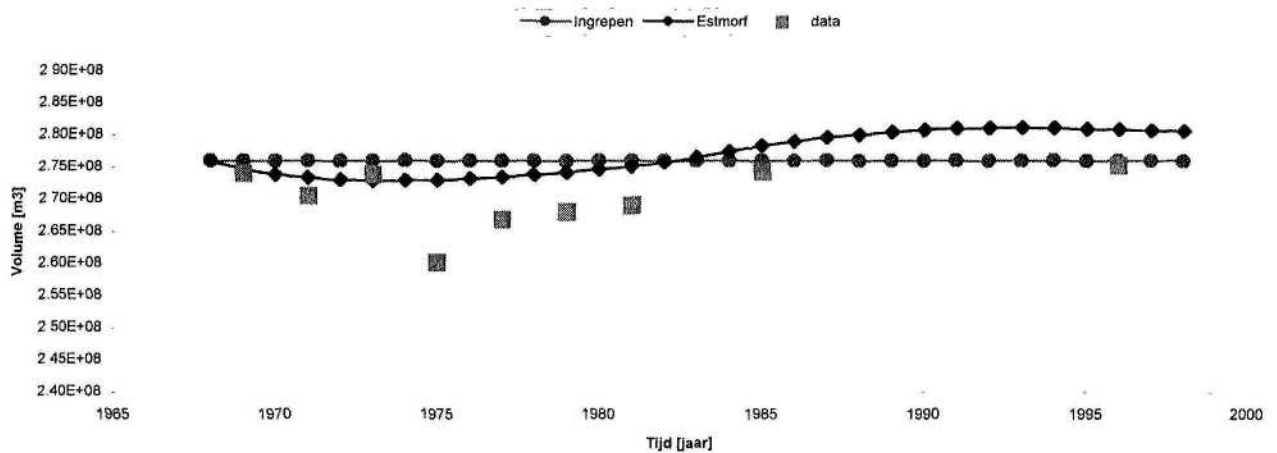
Run 1 Sobek vak 346 Monding



Run 1 Sobek vak 347 Monding



Run 1 Sobek vak 348 Monding



ESTMORF Westerschelde

Run 10-7 Monding

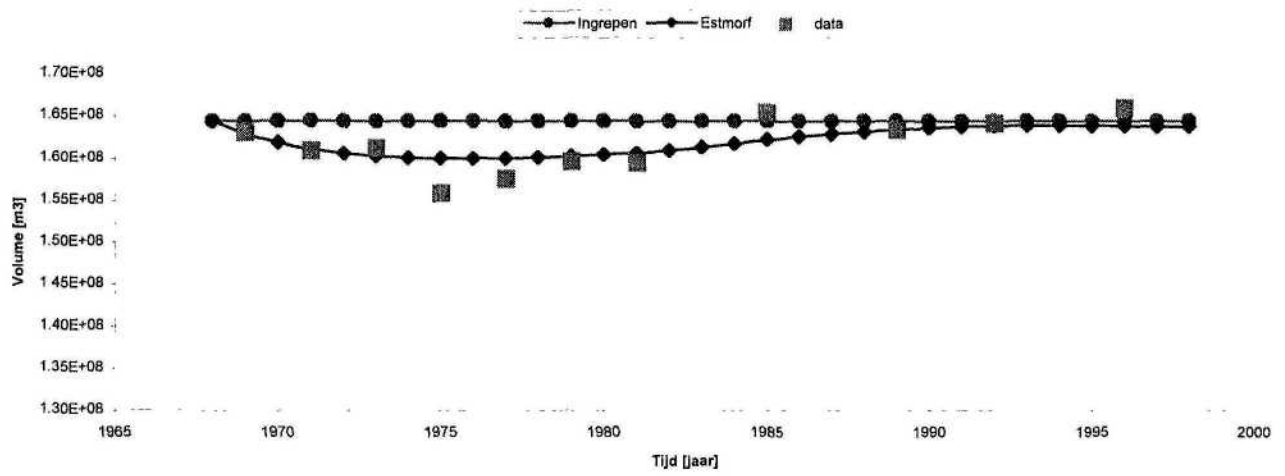
Z3105

2001

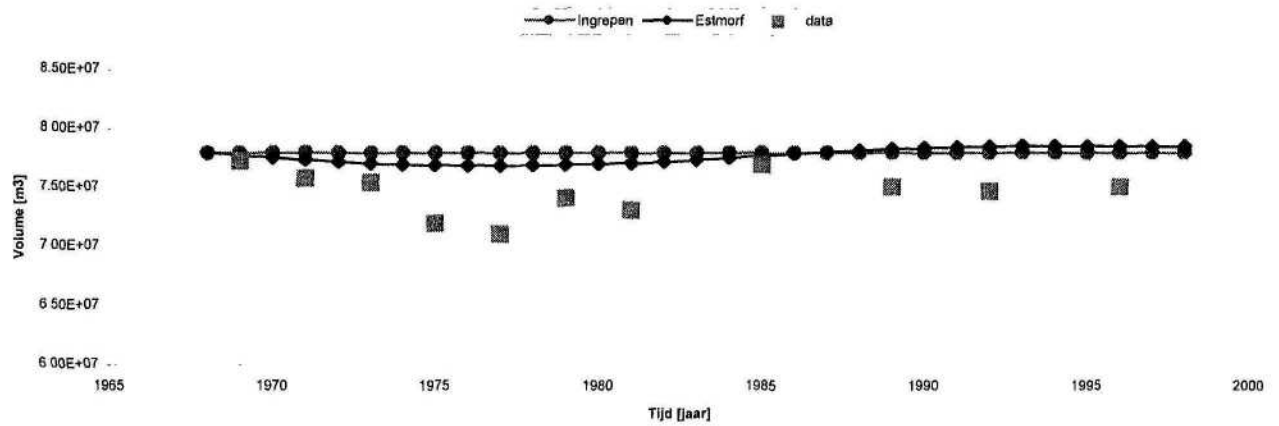
WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 3.8

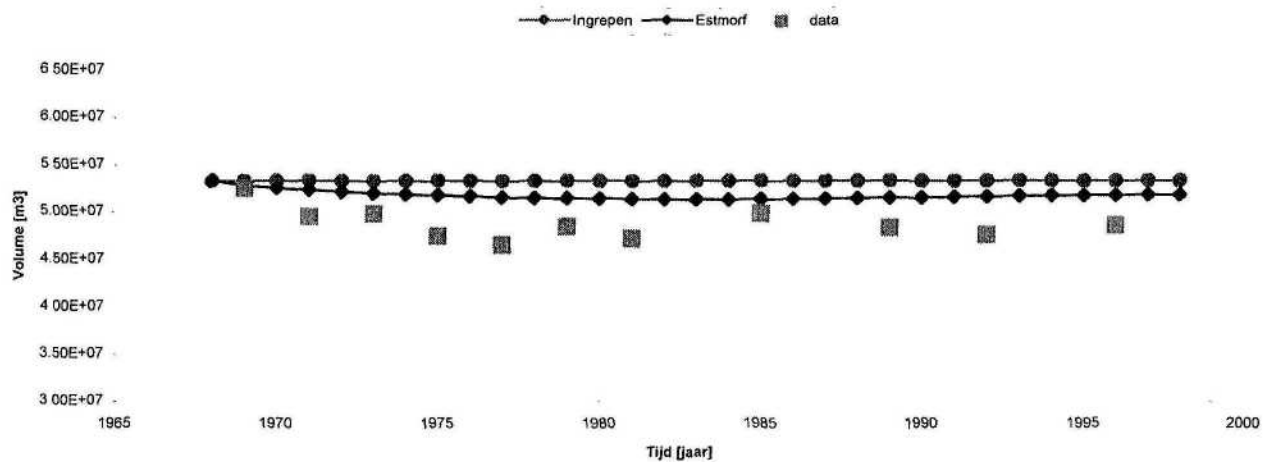
Run 1 Sobek vak 349 Monding



Run 1 Sobek vak 350 Monding



Run 1 Sobek vak 351 Monding



ESTMORF Westerschelde

Run 10-7

Z3105

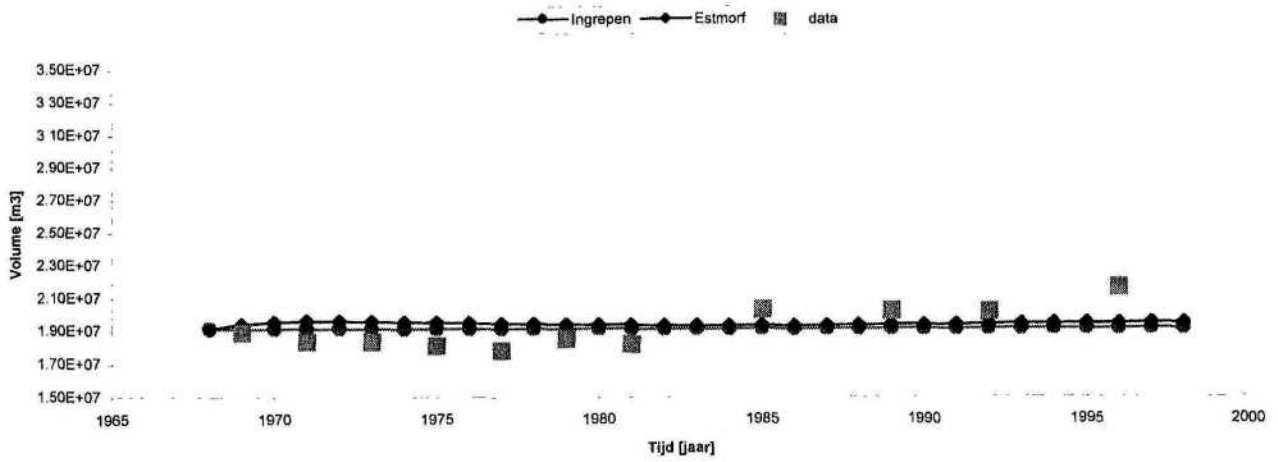
2001

WL | DELFT HYDRAULICS

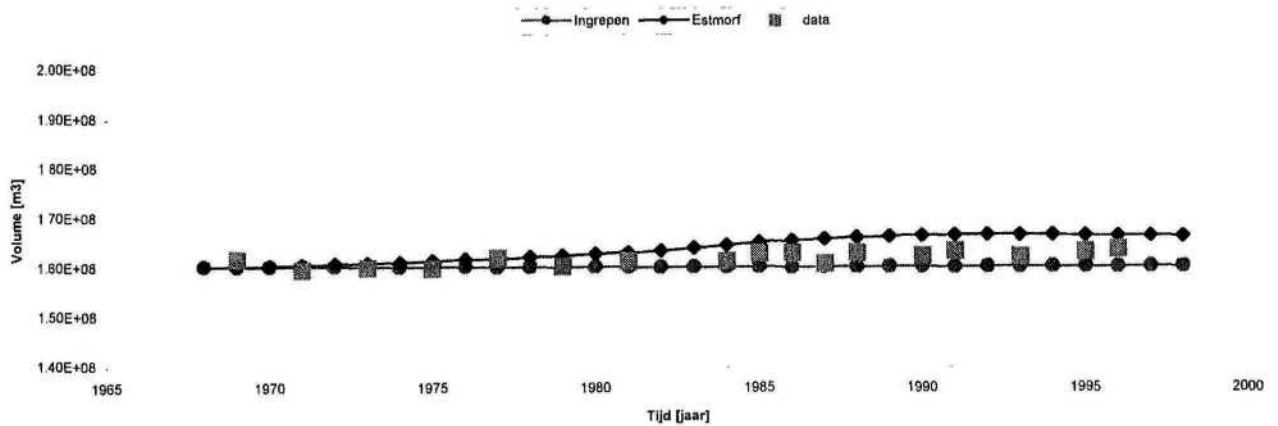
Fig. 3.8



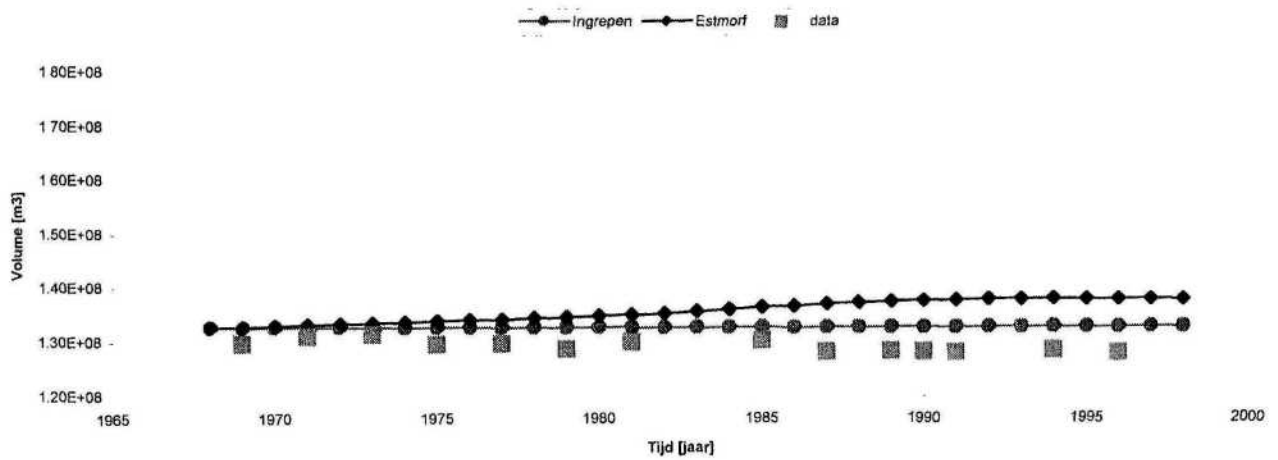
Run 1 Sobek vak 352 Monding



Run 1 Sobek vak 353 Monding



Run 1 Sobek vak 354 Monding

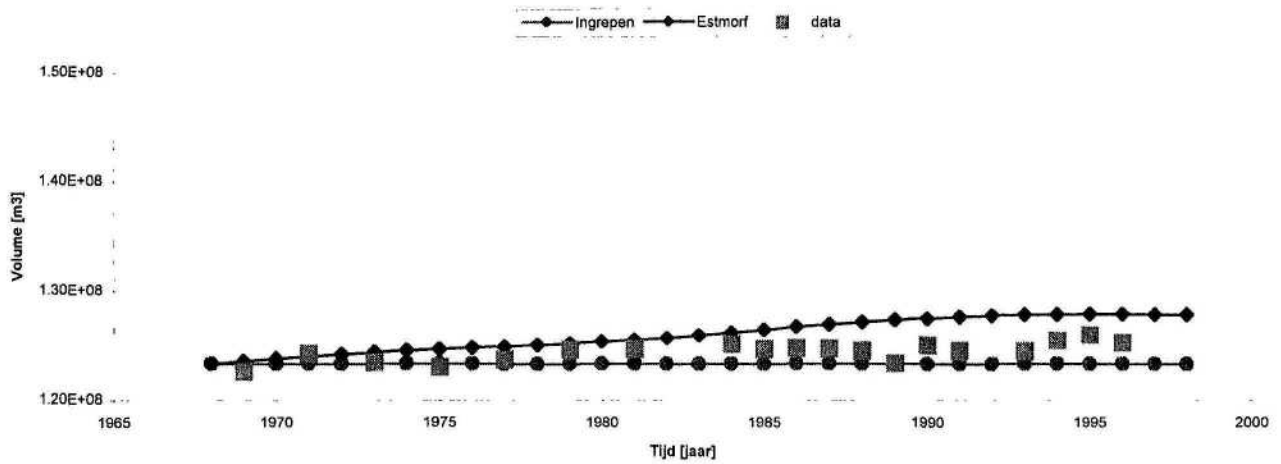


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

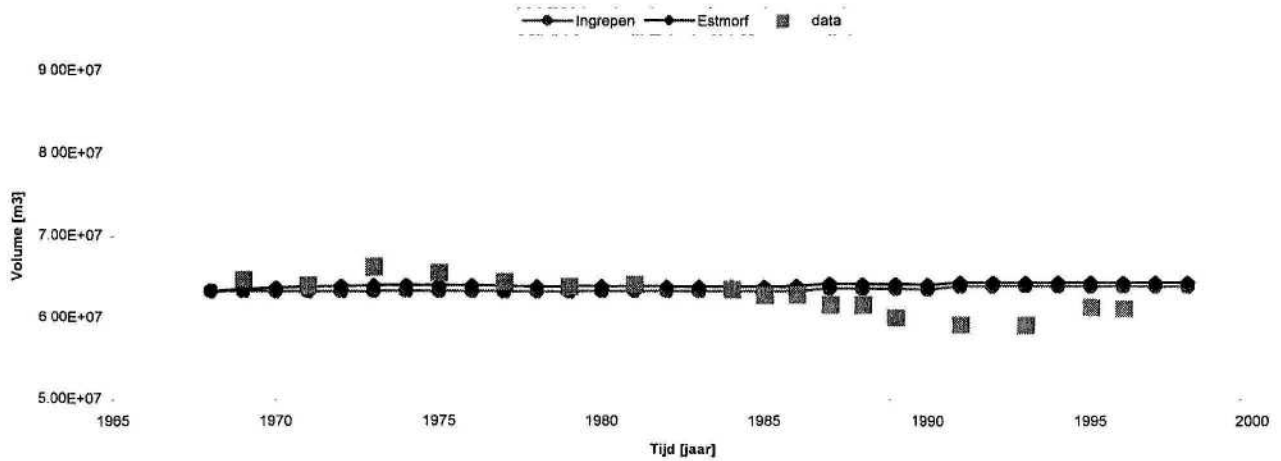
Z3105

2001

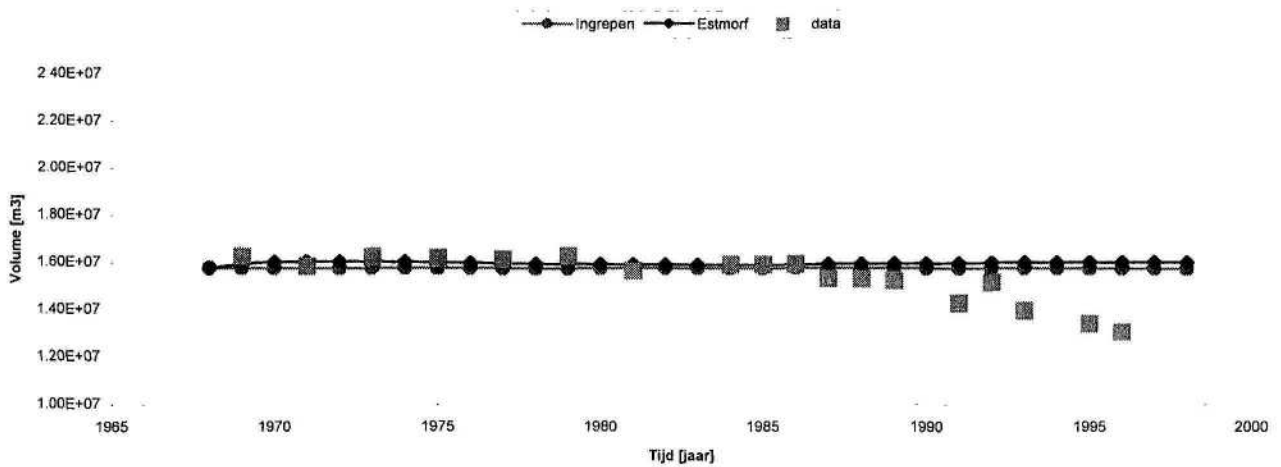
Run 1 Sobek vak 355 Monding



Run 1 Sobek vak 356 Monding



Run 1 Sobek vak 357 Monding

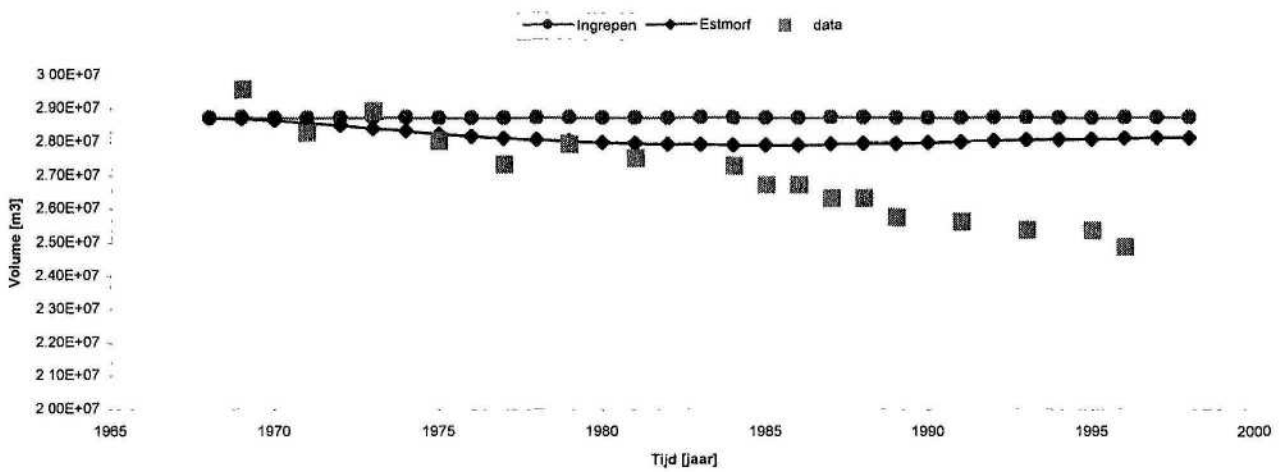


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

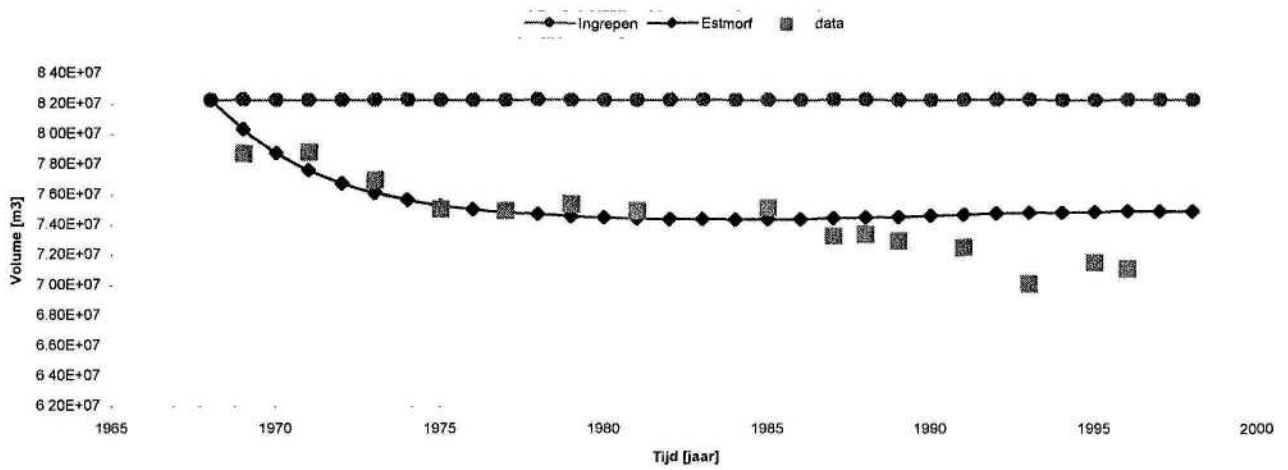
Z3105

2001

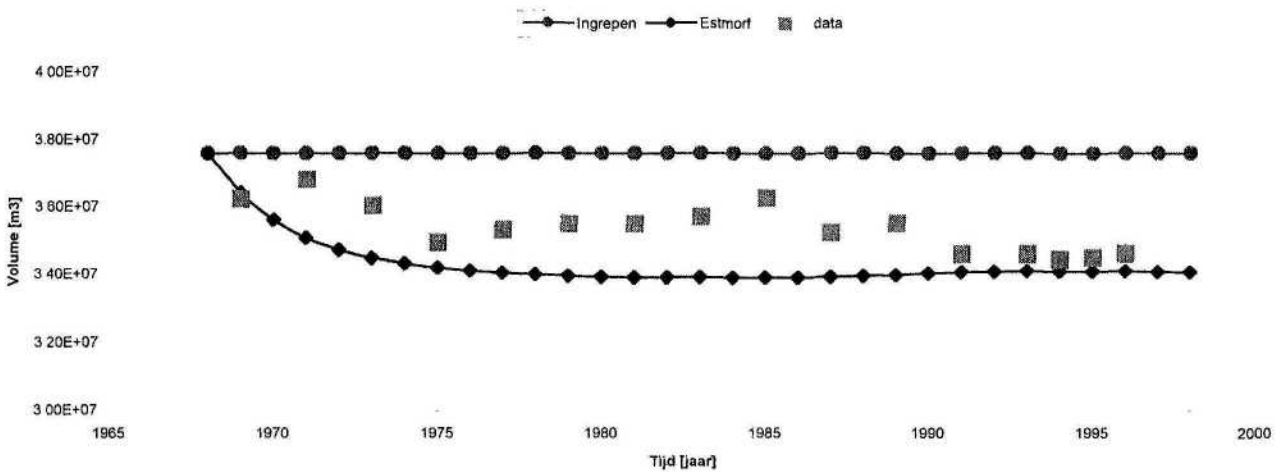
Run 1 Sobek vak 358 Monding



Run 1 Sobek vak 359 Monding



Run 1 Sobek vak 360 Monding



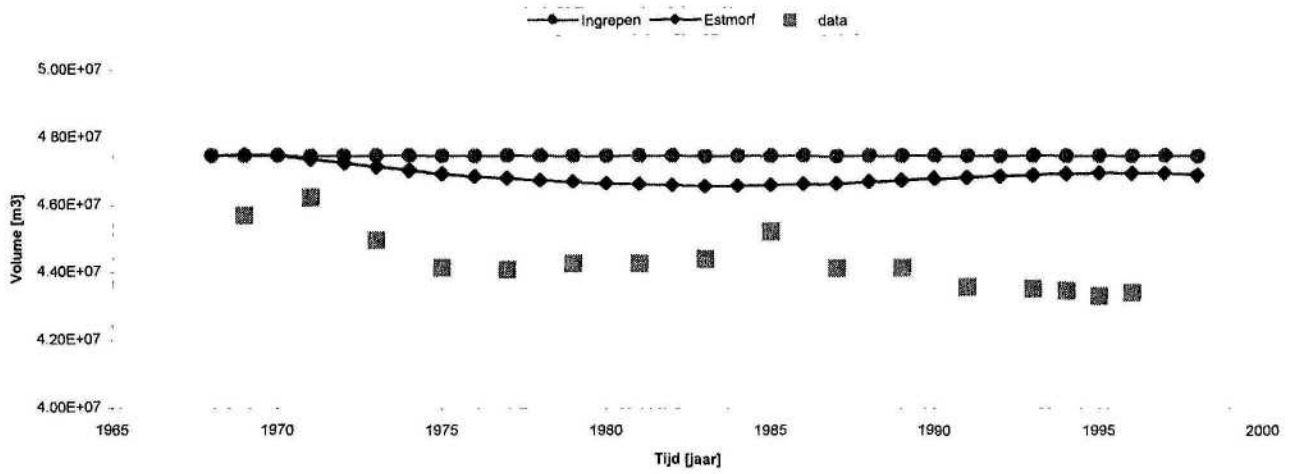
ESTMORF Westerschelde

Run 10-7 Monding

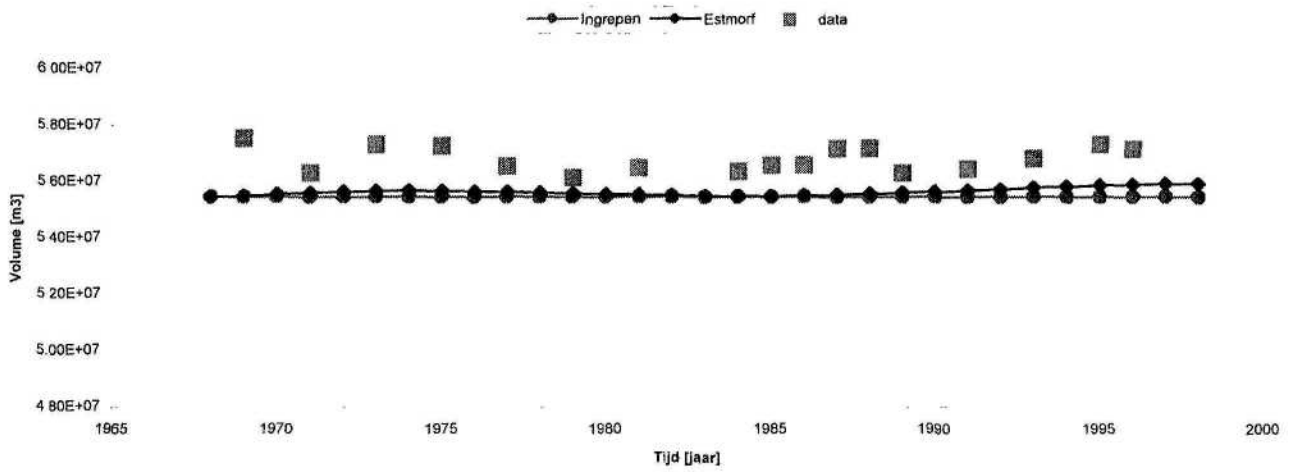
Z3105

2001

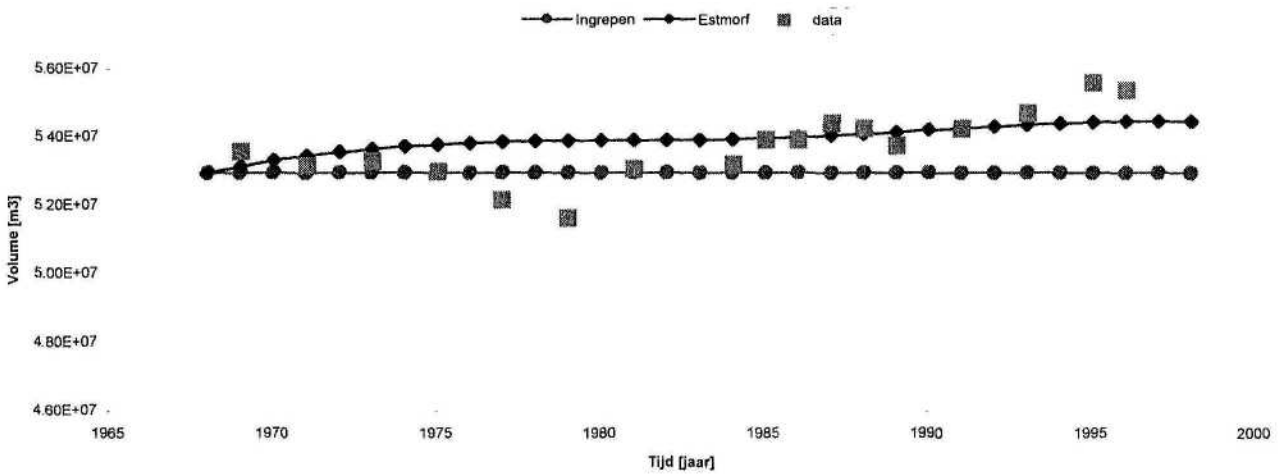
Run 1 Sobek vak 361 Monding



Run 1 Sobek vak 362 Monding



Run 1 Sobek vak 363 Monding

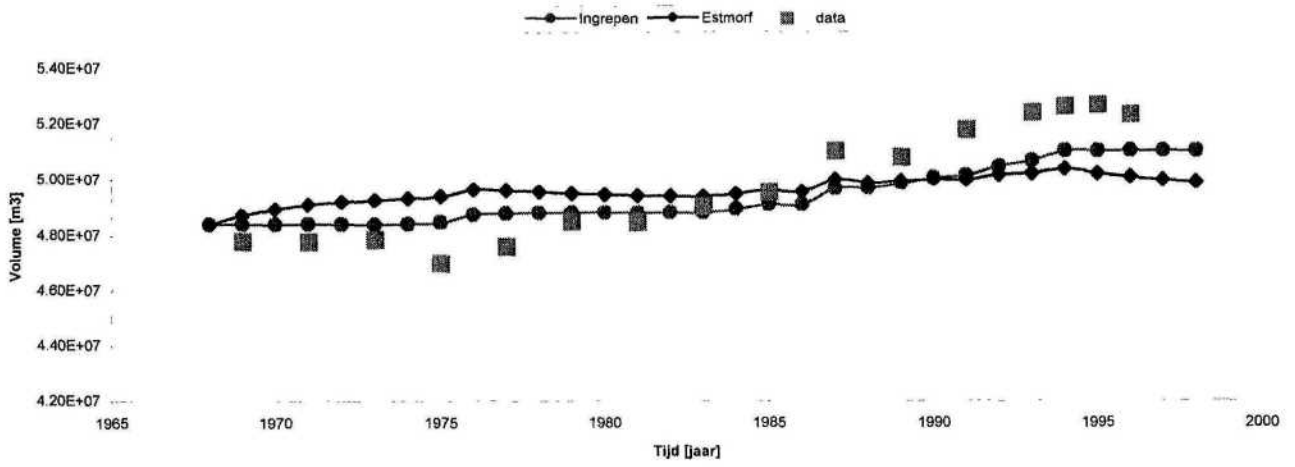


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

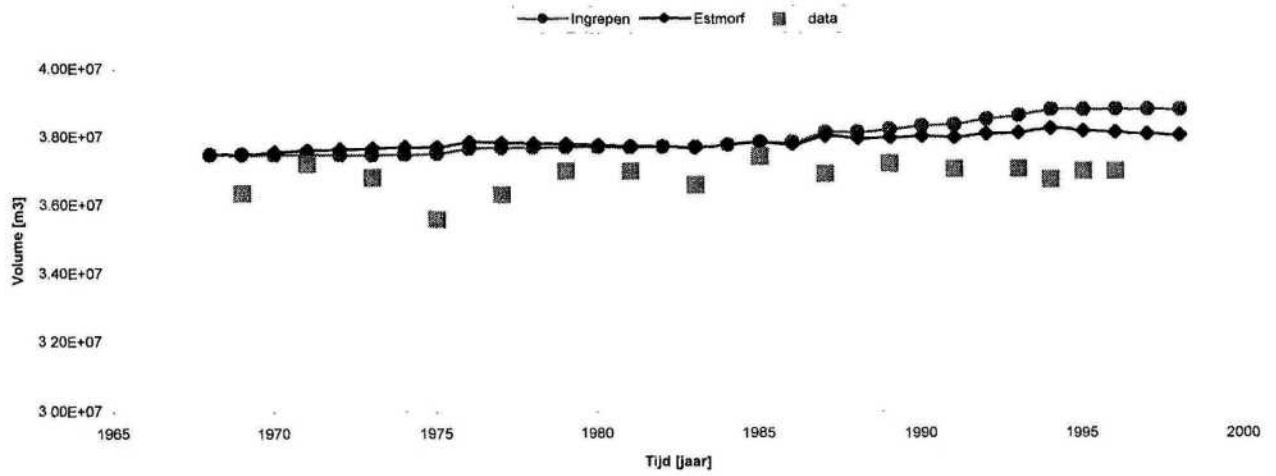
Z3105

2001

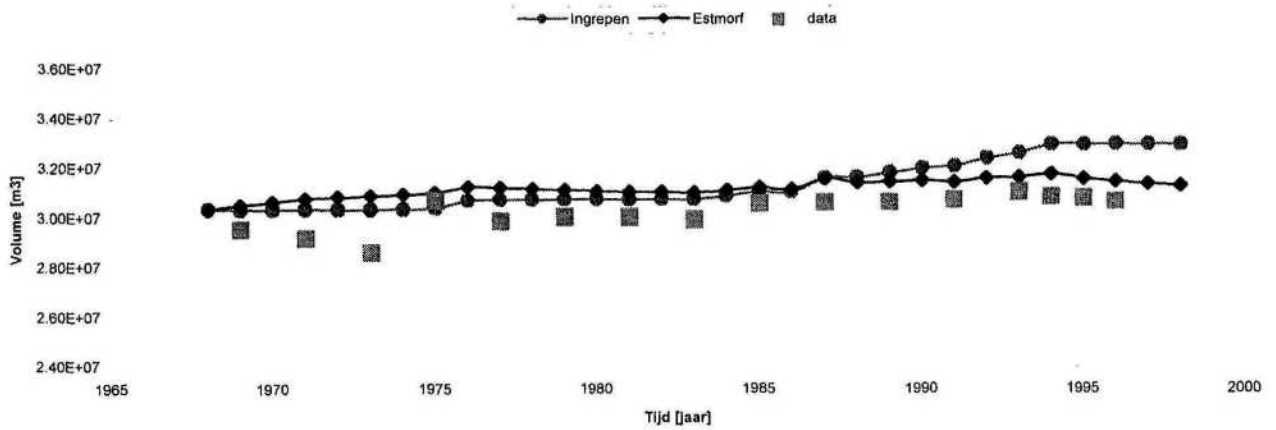
Run 1 Sobek vak 364 Monding



Run 1 Sobek vak 365 Monding



Run 1 Sobek vak 366 Monding

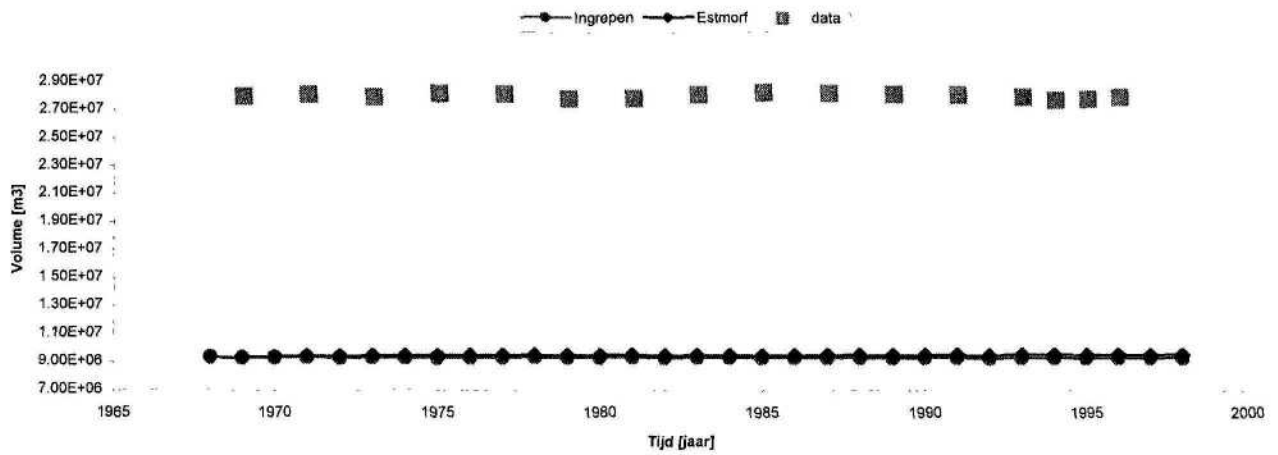


ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

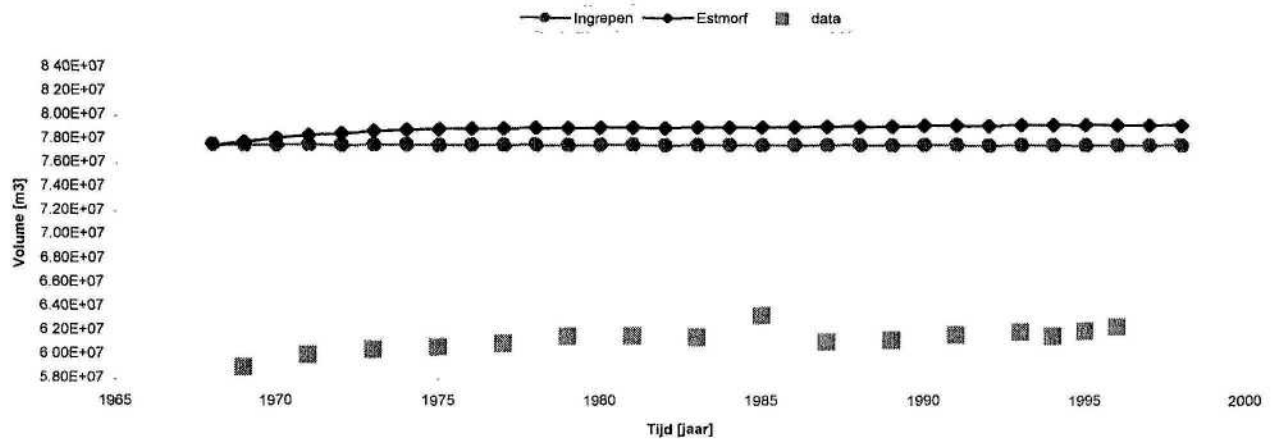
Z3105

2001

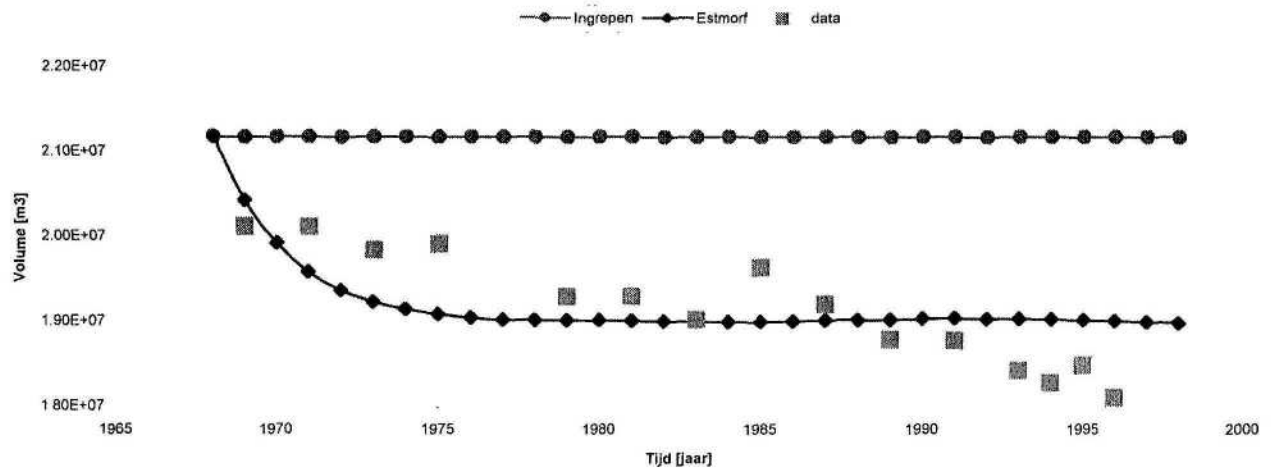
Run 1 Sobek vak 367 Monding



Run 1 Sobek vak 368 Monding



Run 1 Sobek vak 369 Monding



ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

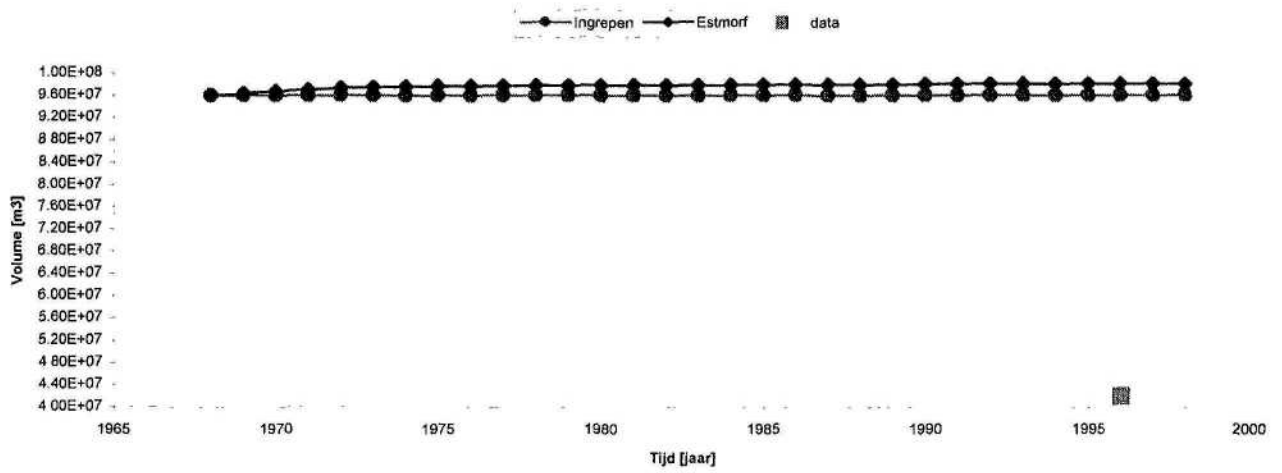
Z3105

2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. 3.8

### Run 1 Sobek vak 370 Monding



ESTMORF Westerschelde  
Run 10-7 Monding

Z3105

2001